ISTITUZIONI
DI ARCHITETTURA
STATICA E IDRAULICA

ISTITUZIONI
DI
ARCHITETTURA
STATICA E IDRAULICA

DI

NICOLA CAVALIERI
SAN-BERTOLO

INGEGNERE SUPERIORE NEL CORPO DI ACQUE E STRADE
E PROFESSORE NELL'ARCHIGINNASIO ROMANO DELLA SAPIENZA

VOLUME PRIMO

MANTOVA
PRESSO I FRATELLI NEGRETTI

M.DCCC.XXXI

Quorum (*scriptorum*) ex commentariis, quae utilia esse in his rebus animadverti, collecta, in unum coegi corpus.

VITRUVIUS. Lib. VII.

MILANO. Coi Torchj di GASPARE TRUFFI e COMP.
Contrada del Cappuccio N.° 5433.

GLI EDITORI
A CHI LEGGE

Da gran tempo desiderava l' Italia un trattato facile in uno e profondo, con la scorta del quale il giovine Ingegnere, dopo le teoriche della scienza apprese nelle scuole dell'Università, potesse sicuramente avviarsi nell' esercizio pratico della sua professione. A questo lungo desiderio satisfece, or son pochi anni, il sig. Nicola Cavalieri San-Bertolo, con quest' Opera sua delle *Istituzioni di Architettura Statica e Idraulica;* la quale venne dappertutto accolta con quel favore con che si accolgono le opere classiche e di sicura e provata utilità ed istruzione.

Incoraggiati pertanto i sottoscritti Editori dal consiglio di persone versatissime in questa materia, e dallo spaccio prontissimo ch' ebbe la suddetta edizione di Bologna, onde non si può se non a stento, ed a gran prezzo, trovarne qualche esemplare, si sono mossi a tentarne la ristampa, persuasi di render per essa un grandissimo servigio ai nostri giovani Ingegneri ed Architetti, i quali potranno così

con assai maggiore facilità, e minore dispendio, fare acquisto d' un libro tanto necessario a indirizzarli con sicure norme nella pratica della lor professione. Essendochè troveranno in questo non solo descritti i modi e gli esempi delle pubbliche e private costruzioni, e le applicazioni dei teoremi e delle formole meccaniche, insiem coi progressi fatti dalle Scienze fino ai nostri giorni, ma vi vedranno eziandio per numerose citazioni additate le altre Opere più eccellenti di così fatto argomento, a cui ricorrere quando sia bisogno di più ampia e minuta istruzione.

Nè per avere i nuovi Editori diminuito d' un quarto il prezzo dell' Opera, è da credere che la loro ristampa sia per riuscire manco pregevole dell'edizione originale di Bologna, chè anzi hanno posto ogni lor diligenza a far ch' ella sia in ogni parte più accurata e perfetta di questa. Al qual uopo fu da essi prima sottoposta all'esame di profondi conoscitori della materia, che la purgarono d' alcuni lievi errori, e corredarono di non poche annotazioni e giunte utili a tutti gli Ingegneri e necessarie singolarmente a quelli del nostro Regno. Quanto poi alle Tavole, della cui esattezza tanto importa in un libro tutto d'insegnamento pratico, siccome questo, furono anch' esse rivedute e perfezionate, indi eseguite da valente bulino. Finalmente, a maggior comodo de' nostri associati, si sono fatti ridurre in moneta italiana tutti i calcoli che nell' edizione bolognese sono esposti in moneta romana.

Resta ora che il Pubblico ci mostri, col favorir la presente edizione, quell' aggradimento che abbiam fatto ogni sforzo di meritarci.

AVVERTIMENTO DELL' AUTORE

Ho compilate queste istituzioni d' architettura statica e idraulica per uso della scuola degl' Ingegneri fondata in Roma da Pio VII di santa memoria, ed ora riunita al romano Archiginnasio della Sapienza, per provvidissima disposizione del gloriosamente regnante sommo pontefice Leone XII. Quindi per la scelta e per la distribuzione delle materie mi sono rigorosamente conformato alle prescrizioni del regolamento della scuola; e così a norma di quelle ho diviso l'opera in cinque libri.

Il primo libro tratta dei lavori di terra in generale; ed in particolare degli argini e delle strade.

Il libro secondo ha per oggetto i lavori di legname, e per aggiunta prende anche ad esaminare le proprietà e gli usi architettonici del ferro, del piombo e del rame.

Nel terzo si tien proposito dei lavori murali.

Nel quarto delle macchine e delle manovre architettoniche.

Finalmente il quinto libro comprende i principj e le regole per fare le stime dei lavori dipendenti dall' arte dell' Ingegnere.

Tali materie non giungono nuove ai giovani Ingegneri, l'istruzione dei quali è l'unico scopo di questo mio lavoro. Dessi sono anzi teoricamente versati a fondo nelle medesime mercè i premessi studj delle matematiche pure e miste, e della civile architettura. Per la qual cosa gl'insegnamenti raccolti nella presente opera non debbono riguardarsi se non che come una continuazione dei menzionati studj diretta a mostrare in qual modo possa approfittarsi delle scientifiche cognizioni accoppiate con le regole di una sana pratica nell' arte delle costruzioni architet-

toniche. Queste considerazioni saranno valide, siccome spero, a giustificarmi se talvolta, entrando in qualche argomento, mi asterrò dal premettere quelle definizioni e quelle spiegazioni, delle quali abbisognerebbero soltanto coloro, i quali si trovassero digiuni affatto del soggetto; e se all'occorrenza mi verrò giovando dei teoremi e delle formole della meccanica e dell'idraulica senza riprenderle dai loro principii.

Nel trattare di alcuni lavori, l'uso de' quali vuol essere regolato sopra essenziali considerazioni, dipendenti dalla scienza delle acque, o che nell'esecuzione abbisognano del sussidio di qualche operazione geodetica, sono stato guardingo di non penetrare nei confini dell'idrometrìa e della geodesìa, rami di pratica riserbati a dar materia ad altri separati corsi d'istruzione nella scuola degl'Ingegneri: e mi sono limitato a quei semplici cenni, che più immediatamente interessano la parte architettonica, o dai quali non avrei potuto prescindere senza rendere imperfetta ed oscura l'esposizione delle regole e dei metodi di costruzione.

Quest'opera è ben lungi dall'offerirsi come un trattato completo dell'arte di fabbricare. L'uso a cui è destinata mi obbligava a non oltrepassare i limiti d'una discreta brevità; ed in questi ho procurato di contenermi; studiandomi peraltro a non omettere in veruna parte le regole fondamentali, ed i metodi che sono più comunemente approvati, e dei quali si hanno più frequenti occasioni nella pratica.

ARCHITETTURA STATICA E IDRAULICA

LIBRO PRIMO

DEI LAVORI DI TERRA

CAPO PRIMO

NOZIONI GENERALI

§. 1. Per lavori di terra si vogliono intendere quelli, che hanno per iscopo di modificare sopra una data estensione la superficie del suolo per semplice aggiunta o sottrazione di terreno secondo stabilite forme e dimensioni. Dai Pratici dicesi *sterro* o taglio tanto l' operazione per cui si modifica la superficie del suolo mediante una sottrazione di terreno, quanto il volume del terreno che si rimove, e così egualmente chiamasi *riporto* tanto l' operazione per cui si aggiugne terreno sopra terreno, quanto il volume del terreno riportato. Le operazioni dello sterro e del riporto, alle quali si riduce qualunque lavoro di terra, s' indicano in pratica con ispeciali vocaboli adattati alle circostanze diverse del lavoro, i quali sono a comune notizia e non abbisognano di spiegazione, siccome *cavo*, *sbanco*, *rialzo*, *rinfranco* ec., dei quali ci verremo prevalendo all' opportunità.

§. 2. Generalmente le due operazioni dello sterro e del riporto non possono succedere l' una senza l' altra, poichè non può levarsi materia da un luogo senza portarla in un altro, e così viceversa. Tuttavia, quantunque inseparabili, non sono però sempre ambedue di sostanziale importanza per lo scopo del lavoro, e talvolta l' operazione di essenziale importanza è lo sterro, siccome nelle imprese di nuove inalveazioni di fiumi, e nelle aperture di nuovi canali di navigazione o di scolo: talora l' operazione essenziale è il riporto, come nella costruzione delle nuove arginature: e finalmente in alcuni casi sono al tempo stesso essenzialmente importanti e lo sterro ed il riporto, il che si verifica bene spesso nella formazione di nuove strade per le coste dei monti, e nei così detti scarichi degli argini, dei quali si parlerà a luogo opportuno.

§. 3. È noto (1) che le terre smosse non possono reggersi per sè medesime sotto sponde verticali, e che naturalmente si stabiliscono con un declivio dalla verticale di gradi 54 se sono terre forti, e di gradi 60 se sono arenose o sciolte. Quindi la scarpa che naturalmente prende un ammasso di terra, o sia un terrapieno, ha prossimamente 1, 4 di base per 1 di altezza, quando si tratta di terre forti, ed 1, 7 di base per 1 d'altezza, quando si tratta di terre arenose o sciolte. Possono dunque ritenersi questi come limiti della minima scarpa con la quale può mantenersi l'equilibrio in un terrapieno, indipendentemente da ogni forza estrinseca. A seconda poi degli uffici, a cui può essere destinato il terrapieno, e delle varie cause estrinseche le quali possono agire sul medesimo, rendesi bene spesso necessario di aumentare la scarpa onde assicurarne la stabilità. Che se la ristrettezza del sito o qualche altra circostanza non permette di estendere la scarpa quanto è necessario per la stabilità del terrapieno, s'incorre nella necessità di supplire o per intero o parzialmente alla scarpa con muri o con altri rinfianchi equivalenti.

§. 4. Onde potere rigorosamente conoscere la spinta, che da un terrapieno si esercita contro un muro o altra opera di rinfianco, sarebbe d'uopo di stabilire un'equazione, che racchiudesse le condizioni dell'equilibrio di una massa di terra, e da cui si potesse ricavare il valore della pressione, come nell'idrostatica si fa pe' fluidi. Sembra che a tale equazione dovessero condurre quelle medesime considerazioni, per mezzo delle quali si perviene all'equazione dell'equilibrio d'una massa fluida, introducendo di più la resistenza prodotta dall'attrito intestino delle molecole, il valore della quale, per la relazione che ha col minimo declivio dalla verticale in cui può reggersi da sè medesimo il terreno (2), può agevolmente venire determinata dalla esperienza. Ma noi lasceremo quest'indagine rigorosa alle speculazioni dei matematici, poichè per i bisogni della pratica una lunga esperienza ha fatto conoscere che si può far uso delle formole meccaniche ricavate (3) dall'ingegnosa ipotesi di Coulomb. Verrà a proposito di richiamare tali formole nel libro terzo per applicarle alla determinazione delle dimensioni necessarie nei muri posti a rinfianco dei terrapieni.

§. 5. Le terre vergini, vale a dire non mai smosse, e quelle che sono restate lungamente in riposo, o che sono state artificialmente compresse, attesa la coerenza reciproca acquistata dalle molecole, possono mantenersi in equilibrio, quantunque con tagli laterali vengano ridotte ad avere le sponde poco o nulla inclinate alla verticale. Ma tale equilibrio non può essere durevole, poichè l'aria, le acque, e gli ardori del sole, distruggendo o presto o tardi l'intestina coerenza delle molecole, riducono la massa alla condizione di terra smossa, e la rendono soggetta a laterali dilamazioni, finchè le sponde non siensi naturalmente stabilite con quel declivio dalla verticale (§. 3), che la qualità del terreno richiede per mantenersi in equilibrio. Tuttavia si ammette in pratica, che nei tagli di terre sode possa la scarpa tenersi alcun poco minore di quella, che si dovrebbe dare ad un nuovo ammasso di terreno di ugual natura. Non consente per altro la prudenza che si lascino neppur per breve tempo senza qualche rinfianco i tagli; che talora per ne-

(1) Venturoli. *Elem. di mecc. e d'idraulica.* Milano 1817. Vol. I. §. 508.
(2) Idem. *Ibidem.*
(3) Idem *Ibidem* lib. IV, cap. IV.

cessità debbono eseguirsi verticalmente o con pochissimo declivio, qualunque possa essere la sodezza del terreno su cui si opera. Perciò nei cavi che occorre di aprire per le fondazioni delle fabbriche, o per costruzioni di chiaviche, o per sotterranee condotture d'acque, se, come per lo più accade, non può allargarsi l'apertura quanto sarebbe necessario per dare alle sponde il giusto declivio, si taglia di qua e di là verticalmente il terreno, ponendo di mano in mano in rinfianco delle sponde verticali dei tavolati sostenuti per mezzo d'interposti legni orizzontali che diconsi *sbadacchi*. È questa una precauzione di grande importanza, giacchè col mancare alla medesima si può andar incontro a sinistre, e pur troppo anche talvolta a funeste conseguenze.

§. 6. L'esecuzione degli sterri riesce di minore o di maggior difficoltà secondo la natura della materia che deve rompersi o tagliarsi. A questo riguardo le materie che possono cader sotto il taglio si distinguono in pratica nelle seguenti specie principali:

1. Terreni cuorosi o pantanosi.
2. Arene o sabbie.
3. Terre vegetali.
4. Terre sciolte.
5. Terre forti.
6. Terreni brecciosi.
7. Terreni tufacei.
8. Tufi e tartari.
9. Scogli o massi di roccia.

Per iscavare le terre cuorose o fangose, e le sabbie, si fa uso di semplici paloni, e questi possono adoperarsi quand'anche il suolo in cui deve farsi lo scavo sia coperto d'acqua, purchè l'altezza di questa non sia maggiore di mezzo metro. Qualora si abbia da eseguire l'escavazione sotto una maggiore altezza d'acqua rendesi indispensabile l'impiego dei così detti *cavafanghi*, specie di macchine, di cui si parlerà nel lib. IV. Le terre vegetali e le terre sciolte si possono rompere col solo mezzo della vanga o del badile. Per le terre forti riesce necessario l'uso del zappone; e per i terreni brecciosi, per i terreni tufacei, per i tufi, e per i tartari conviene valersi del piccone. Finalmente pel taglio degli scogli o dei massi di roccia si mettono in opera il piccone, i magli, i paletti, le zeppe di ferro, e bene spesso anche le mine. All'uso di queste è stato, non ha guari, sostituito nella Scozia un metodo che decantasi (1) come efficace ed economico insieme. Consiste nel far riscaldare il masso che vuol rompersi mediante un fuoco vivissimo mantenuto sulla superficie per cinque o sei ore; e nel farlo quindi quasi istantaneamente raffreddare esponendolo all'aria fredda, versandovi sopra dell'acqua. Le fenditure che si aprono nel masso per questa rapida alternativa di riscaldamento o di raffreddamento servono di strada ai paletti e alle zeppe per mezzo delle quali, a colpi di maglio di ferro con prontezza e facilità si spacca la pietra. Riferiamo quest'invenzione per semplice notizia, e con la brama che i Pratici alle occasioni ne facciano sperimento, onde sull'appoggio di replicate esperienze essere al caso di decidere se il proposto metodo possa con reale utilità essere adottato nell'arte delle costruzioni.

(1) *Edimburgh. Journal of science.* Genn. 1825, pag. 44.

§. 7. Nell' esecuzione dei tagli null' altro è d' avvertirsi se non che di assicurare la stabilità del rilevato terreno, sia con la necessaria scarpa (§. 3), sia con robuste opere di rinfianco (§. 4) stabili o provvisorie a seconda del bisogno. Ma ove si tratti di formare ammassi o *inarginamenti* regolari di terra, molte sono le avvertenze da osservarsi per l' esatta e solida riuscita del lavoro.

1.° L' inarginamento della terra vuol essere eseguito a strati regolari di altezza uniforme, non maggiore di due decimetri. Gli strati di terra che si formano uno sull' altro per la costruzione di un rilevato o terrapieno diconsi *cordoli*. Nei lavori più interessanti, come sarebbero le arginature dei fiumi, si prescrive che l' altezza dei cordoli debba limitarsi a dieci o dodici centimetri.

2.° Nel distendere il terreno a strati si deve espurgare dai corpi eterogenei, e si deve sminuzzare, onde la massa divenga omogenea e suscettibile di uniforme costipamento.

3.° I cordoli si battono uno per uno con la mazzeranga, onde la massa si addensi più che sia possibile. Se il terreno è arido per lunga siccità della stagione, divien di grande utilità l' innaffiare i cordoli prima di batterli.

4.° Affinchè il solido che si costruisce si unisca saldamente al fondo naturale è necessario di ripulir questo da ogni sterpaglia, e di romperlo con la zappa o con l' aratro.

5.° Per l' esecuzione di questa sorte di lavori le opportune stagioni sono l' autunno e la primavera. L' estate è contraria attesa la soverchia aridità del terreno, l' inverno a motivo delle gelate. Che se per qualche circostanza un lavoro fosse indilazionabile, e quindi non potesse farsi a meno d' eseguirlo in una stagione non adattata, si dovrà, se d' estate, rimediar possibilmente all' aridità del terreno col frequente inaffiamento, e se d' inverno difendere il lavoro dalle gelate ricoprendone ogni sera la superficie di strame o di paglia. Si avrà poi cura ogni mattina di ripulire il lavoro da queste materie senza lasciarvene la minima quantità prima di riportare un nuovo strato di terra, affinchè non abbiano a rimanere nel corpo del nuovo rilevato residui di materia eterogenee, che si oppongano all' uniforme costipamento del solido, e che putrefacendosi coll' andar del tempo farebbero nascere delle cavità interne, da cui potrebbero derivare pregiudizievoli effetti.

6.° Nella costruzione dei rilevati di terra giova di tenere la larghezza alcun poco maggiore di quella che dovrà avere il solido quando sarà finito, onde possano poi rifilarsi le sponde per ridurle a perfetto spianamento, senza che perciò il rilevato abbia a divenire di minor larghezza di quella che fu prestabilita.

7.° Onde far sì che le sponde acquistino sollecita consistenza, ed esimerle dalle superficiali alterazioni, che potrebbe produrvi lo scorrimento dell' acque pluviali, è utile di batterle dopo che sono state rifilate, il che si fa con appositi istrumenti che diconsi *battle* o *battole*. Ed a sollecitare vieppiù il consolidamento delle superficie dei nuovi lavori, giova anche non poco di farle prontamente inerbare, sia gettandovi le semenze di erbe graminacee, sia rivestendole o *impellicciandole* con una crosta di piote levate dai prati, e ridotte alla forma di parallelepipedi rettangoli.

§. 8. Si tracciano i lavori di terra sulla superficie del suolo con l' uso degli strumenti geodetici, e si segnano con palinati e con picchetti di riscontro

a norma delle predisposte piante e profili di livellazione. Le posizioni topografiche, le forme, e le dimensioni dei lavori debbono essere anticipatamente stabilite dipendentemente dalle viste a cui l'opera vuol farsi servire, onde non possono sopra questi oggetti fissarsi norme generali.

§. 9. Varie sono le operazioni architettoniche in cui ha parte qualche lavoro di terra; ma nel maggior numero dei casi questa sorta di lavori non è che accessoria, e di semplice esecuzione; e non può quindi dar materia di particolari considerazioni, oltre quelle generali che fin qui abbiamo fatte. Sono bensì da riguardarsi come essenzialmente appartenenti alla classe dei lavori di terra due importantissime operazioni; e sono la costruzione degli argini, e la formazione delle strade; e queste ci presteranno vasto ed interessante argomento pei seguenti Capi del presente libro.

CAPO II.

DELLA COSTRUZIONE DEGLI ARGINI

§. 10. In generale dicesi argine qualunque ostacolo opposto alle espansioni dell'acqua sia corrente, sia stagnante. Ma qui particolarmente non abbiamo di mira se non che quegli argini di terra, di cui si circondano i grandi ricettacoli di acque stagnanti, o fra cui si rinserrano gli alvei delle acque correnti onde impedirne l'espansioni.

§. 11. Secondo i varj uffici e le varie loro collocazioni, o altre particolari circostanze, si distinguono gli argini con ispeciali aggiunti. Così:

Argini maestri diconsi quelli, che si ergono lateralmente ai fiumi, e ne trattengono le acque allorchè in casi di escrescenza sormontano le ripe. Lo spazio interposto all'argine maestro e alla ripa dicesi *golena*, ed anche *restara*. Serve la golena a render più ampia la sezione delle piene, a preservare gli argini dalle corrosioni, e a somministrare il terreno in caso di occorrenza di rialzare, o di rinfiancare l'arginatura.

Argine in froldo, o semplicemente *froldo*, dicesi quell'argine che sovrasta immediatamente alla ripa senza interposizione di golena.

Argine traversagno è quello, che viene stabilito attraverso un territorio onde arrestare i progressi di qualche inondazione.

Argine circondario quello, che cinge all'intorno un comprensorio di bassi fondi, siccome una bonificazione, una palude ec.

Cavedone è un argine, col quale si attraversa qualche canale, onde togliere la comunicazione fra il tronco superiore ed il tronco inferiore.

Argine laterale dicesi qualunque tratto d'arginatura, che giace in direzione parallela a quella della corrente.

Argine soprastante quello che ha una direzione divergente da quella della corrente dalla parte verso cui è rivolto il corso dell'acqua.

Argine soggiacente, finalmente, dicesi qualunque tratto d'argine, che ha una direzione convergente con quella del corso dell'acqua.

§. 12. Ordinariamente il profilo trasversale, o sia la sezione d'un argine*, è una figura quadrilatera, di cui la base si confonde col profilo naturale del suolo sottoposto, di cui i due fianchi sono egualmente o disugualmente inclinati alla verticale, e di cui la sommità è o una retta inclinata, o una curva con la sua concavità rivolta verso il centro della terra. Non di rado

per altro il solido principale dell'argine corrispondente alla descritta sezione è fiancheggiato da altri solidi di rinforzo esistenti ora dalla parte *interna* o sia del fiume, ora dalla parte opposta, che dicesi *esterna;* e talvolta anche dall' una e dall' altra parte insieme. Un solido di rinfianco situato dalla parte esterna prende nome di *banca;* se sono diversi rinfianchi esterni di altezze decrescenti, il più alto appoggiato al fianco dell'argine conserva il nome di *banca*, il secondo dicesi *sottobanca*, il terzo, o sia l'infimo, *piè-di-banca.* Quando esiste un solido di rinforzo dalla parte interna, questo vien denominato *antipetto.* Occorre finalmente qualche volta di formare sulla sommità di un argine maestro un piccolo arginello onde rimediare alla scarsa altezza dell'argine in occasione di qualche straordinaria escrescenza, e prevenire gli straboccamenti della piena. Simili arginetti sono distinti in pratica colla denominazione di *soprassuoli.*

§. 13. La figura 1. offre un tipo della sezione di un argine maestro di forma semplice, intorno al quale, a render noto il linguaggio usitato nella pratica, gioveranno le seguenti spiegazioni:

A B C D E è l' alveo del fiume;
B D il pelo magro dell'acqua;
B C D il fondo dell' alveo;
A B, D E le ripe;
E F la golena;
F il piede interno dell'argine;
F G il petto, la fronte, o il fianco interno dell' argine;
F G P la scarpa interna;
L M la base della scarpa interna;
G M — F L la sua altezza;
G P Q H il corpo dell' argine;
G il ciglio interno;
H il ciglio esterno;
G H il piano o la sommità dell' argine;
G R H il colmo o cappello dell' argine;
Q H I la scarpa esterna;
N O la base della scarpa esterna;
H N — I O l'altezza della medesima;
H I la spalla, o il fianco esterno dell' argine;
I il piede esterno dell' argine;
I K il piano della campagna.

La destra e la sinistra d' un fiume, per una generale convenzione dei Pratici, sono in relazione ad un osservatore che abbia lo sguardo rivolto da quella parte, verso cui è diretto il corso dell' acqua: ed a norma di tal convenzione debbono quindi riceversi le indicazioni *ripa destra*, *argine destro*, *golena sinistra*, *campagna sinistra* ec.

§. 14. La figura 2. dimostra i diversi solidi laterali, che possono trovarsi aggiunti intorno ad un argine maestro, sia per aumentarne la resistenza, sia per rimediare a qualche difetto interno, sia finalmente per aver pronta presso l'argine una provvisione di terra con cui poter rialzare o riparar l' argine in caso di straordinarie escrescenze, o di qualche repen-

tino sconcerto. Le denominazioni particolari dei vari solidi vengono richiamate qui appresso con la scorta del tipo a maggior dilucidazione di quanto si è indicato al §. 12.

A B è il pelo magro del fiume;
B C la ripa;
C D la golena;
D E F R un antipetto;
R G H S l' argine;
X un soprassuolo;
S I K T una banca;
T L M U una sottobanca;
U N O P un piè-di-banca;
P Q il piano di campagna.

§. 15. Tralasciando di far parola di quanto concerne la topografica collocazione degli argini, oggetto relativo al regolamento delle acque, e quindi appartenente alla scienza idrometrica, limiteremo le nostre considerazioni all' intrinseca costituzione degli argini in quanto dipende propriamente dall' architettura, vale a dire rispetto, 1.° alle dimensioni che debbonsi assegnare agli argini; 2.° alle regole da osservarsi nella costruzione materiale degli argini medesimi.

§. 16. In quanto alle dimensioni degli argini si stabiliscono le seguenti avvertenze:

1.° L' altezza d' un argine dev' essere tale, che la sua sommità riesca elevata almeno quattro decimetri sul pelo delle massime piene; o sia, secondo che si esprimono i Pratici, che resti nell' argine un *franco* di quattro decimetri almeno. Ma nell' assegnare l' altezza ad un nuovo argine è d' uopo di avere in vista il calo che fa il terreno inarginato; calo che talvolta giugne ad equiparare un settimo della totale altezza del nuovo rilevato. Ed è perciò necessario di tenere nella costruzione tanto alto un nuovo argine quanto basti onde accadendo il massimo calo del terreno rimanga tuttavia all' argine un franco non minore di quattro decimetri. Ne segue che stabilita l'altezza dovuta all' argine, senza tener conto del calo, tale altezza si deve aumentare d' un sesto, onde così mettersi al sicuro, anche nel caso che il calo del terreno arrivi al detto massimo limite osservato. E potrà anche talvolta essere necessario di abbondar maggiormente nell'altezza dell' argine; in caso che questo abbia ad essere piantato sopra un fondo cedevole, o formato di terreno di cattiva qualità. In quei tratti d' arginatura, che sono in direzione soggiacente (§. 11) si richiede un' altezza maggiore che negli altri tratti, i quali sono laterali o soprastanti.

2.° La stabilità esige, che si dia agli argini una grossezza notabilmente maggiore di quella, che sarebbe sufficiente per la semplice condizione dell'equilibrio (1). D' altronde la sommità d' un argine è necessario che sia sufficientemente larga per poter servire al comodo e sicuro transito dei pedoni e delle cavalcature, ed anche, se occorre, dei carri e degli altri mezzi di trasporto: e per potere inoltre offrire lo spazio necessario per l' erezione di un

(1) Venturoli. *Elem. di mecc. e d' idraulica.* Vol. II, lib. IV. cap. IV, e V.

soprassuolo in caso di qualche straordinaria escrescenza, che minacci di sormontare l' arginatura.

3.° La scarpa d'un argine dev'essere tanto più protratta quanto è maggiore l'altezza dell'argine, quanto più questo rimane esposto all'urto della corrente, quanto meno è buona la qualità del terreno con cui deve costruirsi, e quanto meno consistente il fondo sopra cui l'argine dev'essere piantato. Quanto sia utile d'abbondare nella scarpa interna è dimostrato non meno dalle teorie dell'idraulica (1), che dalla più trita esperienza.

4.° Circa le dimensioni dei nuovi argini il più saggio ammaestramento che possa darsi si è di prender norma dalle vecchie arginature di altri tronchi del medesimo fiume, o di altri fiumi in parità di circostanze, ove, mantenutesi illese per lunga serie d'anni, abbiano dato sicura prova della felice loro costituzione.

§. 17. Soggiugniamo alcuni importanti precetti ad adempiersi nella effettiva costruzione delle arginature.

1.° Si scelga per la formazione degli argini la miglior qualità di terra che venga somministrata dalle adjacenze, compatibilmente con le viste di una ragionevole economia, avuto riguardo alle distanze del trasporto. La terra migliore è la cretosa, che con nome volgare in alcuni paesi chiamasi *genga*, in altri *tivarro*. Le sabbie mal si confanno alla costruzione degli argini, e molto meno le terre cuorose, e quindi se ne deve evitare l'uso, a meno di non essere costretti da assoluta necessità ad adoperarle: nel qual caso al difetto della materia si dovrà supplire con le più abbondanti dimensioni, e con la maggiore protrazione della scarpa dell'argine (§. 16).

2.° Prima di por mano alla costruzione d'un argine non deve ommettersi di esplorare con numerosi saggi il fondo su cui dovrà essere basato, onde poterne conoscere la qualità. Ed in caso che si scopra di natura cuorosa, e le circostanze non consentano di deviar l'argine onde portarlo sopra un fondo buono, non si tralascerà di premunir l'argine con ampia scarpa, e con abbondante altezza in modo da metterlo al coperto dagli effetti di qualunque temibile cedimento.

3.° Si rompa con la zappa o con l'aratro il fondo sul quale dev'essere piantato un nuovo argine, e si espurghi da ogni sterpaglia. A render più salda l'unione dell'argine col fondo naturale giova la pratica di alcuni più diligenti costruttori, che fanno aprire lungo la base dell'argine da costruirsi tre fossi longitudinali, come vedesi nella fig. 3, i quali riempiti regolarmente di terra costituiscono quasi il fondamento dell'argine, e formano come tante immorsature per mezzo delle quali il solido costrutto rimane fermamente inerente al terreno sottoposto.

4.° Lo sminuzzamento, l'espurgo, la stratificazione regolare della terra a cordoli non più alti di dodici centimetri, la battitura o *pilonatura*, non ommesso l'innaffiamento del terreno in caso di aridità (§. 7), sono tutte operazioni di massima importanza per la buona riuscita degli argini.

5.° La costruzione di un nuovo argine si faccia progredire equabilmente su tutta la lunghezza, vale a dire in modo che di giorno in giorno il lavoro si trovi portato ad una medesima altezza in tutti i punti. Dal trascurarsi questa precauzione ne potrebbero derivare dannose sconnessioni o fen-

(1) Venturoli. *Elem. di mecc. e d' idraulica.* Vol. II, lib. IV, cap. IV e V.

diture nell'argine, atteso il disuguale e non contemporaneo assettamento dei diversi tronchi costrutti interrottamente, o a riprese.

6.° A meno che non vogliasi fare uso di sagome, siccome si pratica dai più diligenti costruttori, per far che l'argine prenda esattamente la forma stabilita, si faccia continuo uso di fili tirati, che segnino di mano in mano le altezze dei cordoli, e l'inclinazione della scarpa, tenendo in opera l'archipendolo, tanto per mettere a giusto segno i fili, quanto per fare gli opportuni confronti, onde assicurarsi del regolare avanzamento del lavoro.

7.° La sommità dell'argine si ponga in declivio verso il ciglio interno; ma qualora debba servir di strada ai carri e all'altre vetture, val meglio darle una forma convessa col farvi sopra un *colmo* o sia *cappello*. Le sommità degli antipetti si mettano in declivio verso il fiume, quelle delle banche, delle sottobanche, e dei piè-di-banca, verso la campagna. Il declivio dalla sommità così degli argini come dei solidi laterali, vien fissato ordinariamente di un decimetro di altezza per ogni metro della larghezza.

8.° I tempi adattati per la costruzione degli argini sono le stagioni temperate, ed anche l'inverno, purchè non regnino le nevi ed i geli. Si eviti poi di lavorare nelle giornate in cui il terreno è soverchiamente inzuppato per una precedente dirotta pioggia, perchè messa in opera la terra imbevuta di molta acqua non potrebbe costiparsi a perfezione con la pilonatura, ed esporrebbe l'argine a qualche difetto per l'irregolare assettamento delle sue parti.

9.° Le terre per la costruzione degli argini debbono prendersi dalla golena, ove possono essere restituite dalle deposizioni del fiume alle prime piene sopravvenienti. Ma affinchè i cavi fatti nella golena non producano al sopravvenir delle piene incanalamenti d'acque, che possano recar pregiudizio all'argine, importa di essere ben avvertiti a formar tali cavi, non molto continuati e profondi, non paralleli alla direzione della corrente, e non meno distanti di quattro metri dal piede all'argine. Se poi, per qualche lavoro da farsi in un argine, la mancanza della golena, o qualche altra circostanza ponga nella necessità di prender terra dalle adiacenti campagne, non si deve permettere che le cave si formino a distanza minore di metri quindici dal piede esterno dell'argine.

10.° L'arginatura di un fiume già inalveato nelle proprie alluvioni deve cominciarsi dall'estremo tronco superiore, e continuarsi passando di mano in mano agli altri tronchi. Ma trattandosi di una nuova inalveazione di fiume è regola essenziale di cominciare l'apertura del cavo, e la costruzione degli argini laterali dall'estremo tronco inferiore, e di progredire simultaneamente in entrambe le operazioni fino all'argine superiore del nuovo alveo.

11.° Si faccia a meno, per quanto è possibile, di esporre all'acqua le nuove arginature finchè non sieno arrivate al loro completo assettamento, e non si tralasci di procurare che si guerniscano sollecitamente le sponde di una spoglia erbosa, seminandovi erbe graminacee, o riportandovi una copertura regolare di piote, o, come anche in alcuni luoghi sono chiamate, *pellicce*; e ciò per lo scopo indicato altra volta (§. 7) d'impedire le alterazioni superficiali, che potrebbero essere prodotte dallo scorrimento delle acque.

CAPO III.

DELLE DIFESE DEGLI ARGINI

§. 18. Qualora possa temersi che la fronte d'un argine venga alterata o corrosa dall'azione della corrente, bisogna essere solleciti a prevenire lo sconcerto, premunendo all'uopo la fronte minacciata con opportuni lavori di difesa. Possono derivare negli argini le minacce di corrosione, o dalla novità e dal non completo assodamento dell'argine, o dalla sua direzione soggiacente, per cui trovisi esposto, non solo alla pressione e alla frizione, ma ben anche all'urto obliquo della corrente; o finalmente dalla scarsità della sua scarpa interna. Alla novità dell'argine si rimedia con superficiali rivestimenti applicati alla fronte minacciata: alle minacce che provengono dalla svantaggiosa direzione dell'argine si oppongono robusti ripari di vario genere: finalmente, ove l'origine della minaccia consista nella insufficienza della scarpa, è ovvio il rimedio, cioè a dire la protrazione della scarpa tanto che basti, fortificandola, se sia duopo, con opportuni lavori di fascine o di legne verdi in vario modo tessute, e adattate sulla nuova fronte dell'argine.

§. 19. I rivestimenti, o come anche diconsi *mantellature* degli argini, si formano ricoprendo la fronte minacciata di stuoie assicuratevi con paletti conficcati nella scarpa, e con legature di vimini. Invece delle stuoie possono anche adoperarsi le così dette *arelle* o *grisole*. Sono queste formate di cannucce palustri, intessute con trecce di strame. Qualche altra specie di rivestimento potrà venir anche suggerita dagli usi e dalle circostanze particolari dei luoghi. In generale, rispetto ai rivestimenti, devesi avvertire di estenderli sopra tutta la fronte minacciata e alquanto di vantaggio, in guisa che le due estremità possano essere assicurate in una scarpa ben assodata. Che se il rivestimento abbia ad essere applicato alla fronte d'un argine in froldo, si dovrà anche estendere inferiormente fino al fondo del fiume. Oltre di che in tal caso non si tralascerà di verificare per mezzo di scandagli se esiste qualche gorgo dirimpetto al froldo minacciato; e qualora vi sia, si dovrà chiudere gettandovi *volpare*, *buzzoni*, o altri somiglianti involti di terra, che descriveremo più avanti. La volpara altro non è che una certa quantità di terra avvolta in una fodera o involucro di paglia o di strame. I *volparoni* non sono diversi dalle volpare se non in quanto hanno un volume maggiore di queste.

§. 20. E qui prenderemo occasione di avvertire che è grandemente utile di promuovere la deposizione delle torbide al piede di quei froldi che hanno la fronte minacciata per qualsiasi cagione; e che a tal effetto sono di singolar efficacia i così detti *piantamenti di verde* o *a boschetto*. Tali piantamenti si fanno con pertiche fresche di salice, di ontano, o di altro legno facile a germogliare nell'umido. Si scelgono le pertiche del diametro di cinque centimetri circa, e della lunghezza di due in tre metri, e si piantano nella ripa sottoposta al froldo disposte in tante file parallele distanti quattro decimetri l'una dall'altra, e lasciata ugual distanza fra una pertica e l'altra nella medesima fila. Si ha cura che i piantoni riescano alternati da una fila all'altra, e quindi longitudinalmente e obliquamente si collega il pian-

tamento con altre pertiche parallele al piano della ripa, annodate ai piantoni per mezzo di vimini. Gli intervalli o vani che si formano di figura romboidale possono anche essere riempiti di terra e di sarmenti. Coteste piantagioni venendo eseguite a stagione opportuna, vale a dire dall'autunno alla primavera, producono in breve tempo un folto boschetto, dal quale viene repressa la velocità delle piene, e promossa la deposizione delle torbide, e la protrazione della ripa al piede del froldo minacciato.

§. 21. Fra i ripari per mezzo dei quali possono difendersi gli argini minacciati in vista della direzione loro soggiacente, che gli espone ad essere obliquamente investiti dalla corrente, nomineremo prima d' ogni altro i *paradori*, che diconsi anche *palafitte, steccaie* e *passonate*. In generale il paradore è formato di una o più file di grossi pali piantati lungo il piede del froldo che vuol difendersi. I pali vogliono essere conficcati sotterra, almeno per la metà della loro lunghezza, la quale dev'essere tale, che posto l' accennato affondamento, le teste o sia le sommità dei pali, possano trovarsi al livello delle piene mezzane nel fiume. La distanza da un palo all' altro non può esser maggiore di quattro decimetri da vivo a vivo. Uno o più ordini di traverse orizzontali, chiamate *chiavi*, *corsìe* ed anche *filagne*, incatenano fra loro i pali d'una medesima fila; e le diverse file sono fra loro collegate per mezzo di altri legni trasversali, che diconsi *catene* o *tiranti*, i quali sono connessi alle chiavi con immorsature e caviglie di ferro. Quando il paradore è di un solo ordine di pali, o sia semplice, può giovare talvolta di rinforzare i pali contro l'impeto della corrente con altri pali posteriori obliqui in forma di puntelli, i quali sono chiamati *orboni*. Ciascuno di questi orboni ha la sua testa assicurata con incastro e caviglia di ferro al corrispondente palo maestro, e la punta conficcata nella ripa, e tenuta da due paletti laterali, che diconsi *terraficcoli*, siccome vedesi indicato nella fig. 4, ove A è il palo maestro verticale, B l'orbone, C il terraficcolo. Talvolta il paradore viene rivestito dalla parte esterna con una coperta o fodera di grossi tavoloni inchiodati sui pali e sulle chiavi, ovvero con un sistema di *pennazzi*, cioè di grisole raddoppiate con paglia frapposta e con intelaiatura di pertiche secondo la struttura descritta da Giuseppe Antonio Alberti al capo VII. delle *Istruzioni pratiche per l' Ingegnere Civile.* Nei paradori a più file di pali si fa una riempitura interna di terra o di sassi, alternata anche talvolta con istrati di fascine.

§. 22. Rispetto alla materiale struttura dei paradori serviranno di norma le regole ed avvertenze generali, che verranno esposte nel lib. II, ove si tratterà dell' impiego dei pali nelle costruzioni. In quanto poi alla resistenza e alla più vantaggiosa disposizione dei paradori medesimi, essendo oggetti di ricerche moltiplici e complicate, ne lasceremo l' esame agli studiosi, rimandandoli alle ingegnose indagini fatte da Zendrini (1) sopra tale argomento. Non tralasceremo per altro di avvertire che l' uso dei paradori è in oggi generalmente riprovato e proscritto dalla buona pratica; poichè la teoria e l'esperienza hanno concordemente dimostrato, non solo che questa sorta di ripari riesce essenzialmente di breve durata, ma che di più espone i froldi a più gravi minacce in vista dei vortici che si formano nella corrente avanti ai paradori; per la forza dei quali vortici restano in breve

(1) *Leggi e fenomeni delle acque correnti.* Cap. X e XI.

scalzati i pali, e rovesciato il riparo, rimanendo più che prima escavato il fondo al piede del froldo.

§. 23. Sono immuni dagli inconvenienti testè indicati, e costituiscono quindi uno stabile ed efficace sistema di ripari, le armature formate sulle fronti de' froldi con *gabbioni*, o con *buzzoni*, o con *burghe* o con *gorzi*, delle quali si fa presentemente uso in tutti i ben regolati fiumi dell' Italia.

Dicesi gabbione un tessuto cilindrico di pertiche e di verghe pieghevoli lungo tre in quattro metri, e del diametro di dieci in dodici decimetri. L' ossatura del gabbione è formata di nove o dieci pertiche o *lattole*. Per costruirlo si segna sul terreno il perimetro del gabbione, e sopra questo si piantano verticalmente a distanze uguali fra loro le lattole, alle quali si vengono poi intessendo dal basso all' alto le verghe o bacchette. Compiuta questa tessitura, si getta a terra il gabbione, e se ne chiude una estremità con un fondo ugualmente tessuto di verghe, e quindi si riempie di terra o di ghiaia o anche talvolta di mattoni, e si chiude dall' altro capo; dopo di che non rimane che di metterlo in opera.

Il buzzone non è altro che un gabbione di dimensioni alcun poco minori di quelle or ora indicate. La burga ha una struttura somigliante a quella del gabbione, se non che la sua figura è conica. La lunghezza della burga suol essere di quattro in cinque metri; il diametro della sua base di dieci in quindici decimetri.

Finalmente il gorzo è formato in figura di cono tronco della lunghezza di quattro in cinque metri. La sua base maggiore ha il diametro di due metri e mezzo, la minore ha il diametro di metri due e un quarto.

I buzzoni, le burghe ed i gorzi si costruiscono alla stessa maniera dei gabbioni, e si preparano con ugual riempitura di terra, o di sassi, o di mattoni.

§. 24. Di gabbioni e di buzzoni, attesochè di figura più acconcia per una costruzione regolare, si formano per lo più le armature alle fronti degli argini minacciati. Si dispongono i gabbioni o i buzzoni sulla fronte che vuole armarsi come dimostra la fig. 5, ordinandoli per file regolari sovrapposte A, B, C, facendo sì che il piede dell' infima fila A penetri alcun poco sotto il pelo M N delle acque magre. Nelle diverse file si pongono i gabbioni a contatto l' uno dell' altro, e ciascuno dei gabbioni viene assicurato nella sua situazione mediante due o tre paletti appuntati, i quali passando il gabbione da parte a parte vanno a conficcarsi perpendicolarmente nella fronte del froldo. Contemporaneamente altri gabbioni o buzzoni s'impiegano a fortificare il piede del froldo sotto l'acqua magra, e a colmare il gorgo, che ordinariamente esiste presso il froldo supposto in direzione soggiacente. A tale oggetto si sommergono i gabbioni in modo che vadano a stivarsi più regolarmente che sia possibile sul fondo del fiume con gli assi respettivi paralleli alla direzione della corrente, come è accennato nella figura citata; e colmando il gorgo vengano a produrre un riempimento regolarmente acclive dinanzi al froldo.

Anche di burghe e di gorzi si fa uso in alcuni fiumi per formarne frontali armature in difesa dei froldi minacciati. In generale però queste due specie di manifatture, in vista delle particolari loro forme, riescono poco confacenti alla costruzione di regolari ripari, e possono piuttosto utilmente adoprarsi pel riempimento dei gorghi in prossimità dei froldi, e per altri

lavori da piantarsi sul fondo di qualche fiume, di quello che nella sistematica struttura di armature sulle fronti dei froldi, che sono in pericolo di restare corrosi.

§. 25. Non sarà superfluo di far conoscere in qual modo si pratichi di sommergere o *annegare* i gabbioni, affinchè scendano a stivarsi regolarmente entro il gorgo che vuolsi riempire. Due sono i metodi conosciuti nella pratica, lodati entrambi da Zendrini (1), siccome ugualmente sperimentati con buon effetto. Il primo di tali metodi richiede l' uso di due battelli accoppiati, sui quali è stabilito un tavolato, come vedesi nei *passi* o ponti volanti che servono al tragitto dei fiumi ove manca il comodo dei ponti stabili. Si caricano sul tavolato due gabbioni per volta, e quindi si fa giugnere il ponte al sito in cui debbono annegarsi; ove, rivolti i bordi in guisa che si trovino paralleli alla direzione della corrente, e posti i gabbioni in direzione parallela a quella dei bordi, si fanno rotolare fino al lembo del tavolato procurando che si mantengano nell' indicato parallelismo, e si fanno quindi cadere l' uno dopo l' altro nel fiume. L' altro metodo esige l' impiego di una sola barca, sui due bordi della quale si appoggiano due gabbioni uno per parte, legati l' uno e l' altro alle due estremità di una medesima fune, che li trattiene dal cadere prima del tempo. Condotta la barca sul luogo ove debbono annegarsi i gabbioni, e rivolti i bordi secondo la direzione della corrente, si disciolgono le legature, e spinto fuori nell' acqua uno dei gabbioni, il semplice disequilibrio che ne nasce nella barca, è sufficiente a far precipitare a basso l' altro gabbione giacente sul bordo opposto.

§. 26. Le descritte armature di gabbioni o di buzzoni, le quali diconsi comunemente *gabbionate* e *buzzonate*, producono ottimi effetti a difesa delle arginature nei fiumi secondari. Altre fortificazioni più imponenti vengono adoperate per la difesa degli argini nei grandi fiumi reali. Tali sono i così detti *moli*, di cui si fa uso nel Po e in altri fiumi principali dell' Italia.

Molo è tronco di piramide triangolare che si costruisce supino entro l' alveo del fiume con la base maggiore appoggiata sulla fronte del froldo che vuol difendersi. Nella fig. 6 si vede segnato un molo G F E I K H applicato sulla fronte A B C D in un froldo alla sinistra di un fiume. Il molo è piantato in direzione perpendicolare a quella della ripa; e questa pretendesi da Zendrini (2) che sia la posizione più utile che possa darsi ai moli. In quanto alla struttura i moli possono essere formati di prismi o *cantoni* di smalto, secondo che suggeriva il Viviani; ovvero di gabbioni ripieni di buona terra cretosa conforme lo Zendrini riferisce di aver praticato in vari punti del Po e dell' Adige. Nè la sola mancanza di pietra e di calcina può dar motivo di preferire i gabbioni, ma ben anche talvolta la cattiva qualità del fondo del fiume. Di fatti un fondo cuoroso ingoierebbe gran quantità di cantoni, in vista del loro molto peso, prima di fermarsi da ogni movimento; mentre i gabbioni, assai più leggieri in ragione di volume, sono più facilmente sostenuti, ed il fondo sotto il loro carico deve stabilirsi più presto in equilibrio. Qualora poi debbasi piantare il molo in una situazione in cui le acque ordinarie del fiume abbiano un' altezza maggiore di due in

(1) *Leggi e fenomeni delle acque correnti.* Cap. XI.
(2) Vedi l' opera ed il capitolo già citati.

tre metri, se non altro per vista di economia, sarà conveniente di formare il nucleo del solido con due o tre barche fatte calare a fondo, ripiene di terra, per rivestirlo in seguito di gabbioni, in modo che ne risulti il manufatto della forma e delle dimensioni prestabilite. I gabbioni si adoperano finchè il lavoro non è giunto all' altezza delle piene mezzane, riempiendo i vani che rimangono fra i gabbioni medesimi con terra, con paglia, con delle strame o altre simili materie, affinchè il solido acquisti un' esatta configurazione. Al di sopra del pelo delle piene mezzane si può compire il molo con semplici volpare ben collegate e ripiene di un terreno consistente.

§. 27. La cresta G H del molo è una linea inclinata, che parte da un punto G preso sul ciglio interno dell' argine, e termina in un punto H sotto il pelo magro del fiume. La fronte I H K del molo dev' essere in un declivio assai maggiore di quello della fronte del froldo; il petto F G H K, e la spalla E G H I esigono pure un abbondante declivio. La fronte del molo è ben fatto che sia difesa con un rivestimento di doppie arelle, onde non abbia a restar facilmente alterata dalla forza della corrente. Tali sono i ragguagli che su questa sorte di fortificazioni vengono dati dal più volte encomiato Zendrini, il quale assicura di averne replicatamente sperimentata l' efficacia nelle arginature del Po e dell' Adige. Il vantaggioso effetto dei moli deriva dal ristagno o *molente* d' acqua che generano al di qua e al di là appiè del froldo, in virtù di che vien promossa la deposizione delle torbide, e la formazione di una vasta spiaggia, che mette in istato di sicurezza l' arginatura.

§. 28. Basterà di avere fatto conoscere i più comuni e più lodati sistemi di fortificazioni, che possono adoperarsi in difesa delle arginature minacciate a motivo della svantaggiosa loro direzione, senza che ci diffondiamo in lunghe e forse inutili descrizioni di altre particolari specie di ripari che o sono state proposte in qualche opera d' architettura idraulica, o trovansi in uso qua e là nei diversi fiumi dell' Italia. E passeremo quindi a parlare dei *pennelli*, classe di ripari a cui si ricorre quando le frontali fortificazioni si riconoscono invalide a resistere al violento impeto con cui è obliquamente investito dalla corrente un qualche tratto d' arginatura, e che ha per iscopo di allontanare il filone delle piene dall' argine contro cui si rivolge; onde i pennelli ricevono anche la denominazione di *repellenti.*

§. 29. Il pennello è un solido manufatto, che da qualche punto fissato sulla sponda d' un fiume si estende obliquamente entro l' alveo per servir d' ostacolo alle piene, e costringerle a rivolgere il loro corso verso la sponda opposta. I pennelli possono essere fabbricati di muro, o di legname grosso, o di gabbioni ed altre simili manifatture, o finalmente di strati di fascine alternati con istrati di terra. Quei di muro cadono nella classe delle opere murali delle quali si tratterà nel lib. III: quei di legname grosso altro non sono che paradori (§. 21) divergenti dalla direzione della ripa: quelli composti di gabbioni si formano facendo calare a fondo (§. 25) una quantità di tali gabbioni, e sopra questi disponendone quindi regolarmente altri in modo da ottenere un solido delle forme e delle dimensioni stabilite, come si è accennato in proposito della costruzione dei moli (§ 26): finalmente i pennelli formati di strati alternativi di fascine e di terra si costruiscono alla foggia dei lavori *di rosta*, dei quali fra poco si farà conoscere la strut-

tura. Le circostanze e le consuetudini locali danno motivo a decidere sulla scelta dell' una o dell' altra delle indicate diverse strutture. Ma qualunque sia la struttura che si preferisca, per la buona costituzione dei pennelli quattro importanti oggetti debbono generalmente aversi in vista: cioè 1.° la situazione; 2.° la direzione; 3.° la forma; 4.° le dimensioni.

§. 30. Riguardo al primo oggetto si prescrive di scegliere un punto nell' arginatura superiore al tronco minacciato, in cui non si scorga principio di corrosione, e di far partire da tal punto il pennello onde riesca solidamente *intestato*. E se non si offerisse entro i limiti di una discreta distanza un punto in cui la sponda si mostrasse del tutto illesa, e si fosse quindi nel caso di dovere attaccare il pennello ad una ripa intaccata, onde assicurare la stabilità del manufatto, sarebbe necessario d' internarne l' intestatura nella ripa, ed anche, occorrendo, fino allo stesso piede dell' argine; non tralasciando di riparare al soverchio fondo o ai gorghi che esistessero presso la sponda con l' affondamento di opportuni materiali (§. 23, 24).

§. 31. Rispetto alla direzione conviene aver di mira, che il pennello venga investito più obliquamente che sia possibile dalla corrente; che valga a facilitare la deposizione delle torbide alle proprie spalle; ed insieme a rivolgere con la necessaria forza il filone contro l' alluvione opposta. In generale a questo triplice scopo soddisfa una direzione concorrente con quella del filone ad angolo acuto. Ma la precisa misura di questo angolo non può fissarsi con generalità, essendo troppo variabili i dati da cui dovrebbe farsi dipendere: nè sarebbe cosa prudente di affidarsi alle regole che taluni hanno preteso di stabilire a questo proposito all' appoggio d' ipotesi meramente precarie. Ciò che generalmente importa di osservare si è che la direzione del pennello vada ad incontrare l' opposta alluvione in un punto alquanto superiore a quello contro il quale si vuol fare rivolgere il filone; di che si trova facile ragione nelle teorie idrauliche (1).

§. 32. Per la maggiore stabilità del pennello e per la maggiore sua efficacia ad impedire la formazione dei vortici nella corrente, in particolare presso la sua estremità, si richiede ch' esso abbia non solo il petto e la spalla, ma più ancora la punta o sia la fronte in dolce declivio; e che la sua sommità sia essa pure inclinata verso il fiume, in modo che al suo termine, o sia al ciglio della fronte, riesca più bassa del pelo delle acque mezzane. Soddisfa a tali condizioni la figura di un tronco di piramide triangolare supina, inerente alla sponda con la sua base maggiore, e costituente con la base minore la fronte del pennello, che deve essere in assai maggior declivio della base opposta. Ma possono soddisfare alle stesse condizioni anche altre configurazioni; ed importa d' altronde di adattare la figura di un pennello alla qualità dei materiali di cui dev' essere formato, o vogliam dire alla sua materiale struttura (§. 29).

§. 33. Venendo finalmente alle dimensioni, conviene anche queste ripetere in parte dalla stabilità, in parte dalla maggiore efficacia del pennello per gli effetti ricercati. L' altezza del riparo all' estremità dev' essere minore di quella delle mezzane piene, e quindi andare crescendo fino all' intestatura, in modo che il filone delle piene più perniciose al froldo possa essere rimosso dal pennello. La lunghezza secondo le circostanze del fiume si sta-

(1) Venturoli. *Elementi di Meccanica e d' Idraulica. Vol. II.* §. 570.

bilisce in guisa, che la punta del repellente si avvicini quanto più è possibile all' alluvione che si vuol distruggere. Finalmente la larghezza del pennello deve essere desunta dalle condizioni della stabilità del riparo, onde valga a resistere durevolmente all' urto della corrente a cui dovrà trovarsi esposto.

§. 34. Nei piccoli fiumi in difesa delle arginature minacciate si fa uso talvolta di piccoli pennelli mobili, o, secondo la comune denominazione, *ambulanti*, i quali possono essere trasportati da un luogo ad un altro a seconda dei bisogni. Questi pennelli ambulanti sono composti di legnami, e per lo più formati a guisa di cavalletti. Si assicurano a qualche palo piantato nella sponda, e vi si applica sulla fronte un tessuto di fascine o di arelle; e quindi si lasciano stare finchè hanno prodotto l' effetto desiderato; dopo di che si rimovono per collocarli in altre situazioni ove se ne conosca il bisogno.

§. 35. Si adattano anche lungo le ripe di piccoli torrenti, a far l'ufficio di pennelli, lunghi alberi da cima, come olmi o pioppi cipressini. Se ne fermano i fusti con pali alla sponda, e si obbliga la cima a giacere nell'alveo con opportuna direzione caricandola con pietre o con sacchi ripieni di terra o di ghiaia, che si legano ai rami. In ugual modo si sommergono anche talvolta presso le ripe, ove la profondità dell' alveo sia eccessiva, ramosi alberi capovolti, che diconsi *ciuffi*, i quali con l' ingombro dei loro rami rallentano la velocità dell'acqua, e cagionano l' arresto delle torbide, ed il tanto utile rialzamento del fondo.

§. 36. I pennelli vogliono essere adoperati con parsimonia e con oculatezza, attesa l' essenziale influenza che hanno sul corso dell'acqua e sul sistema del fiume, onde evitare che nell' atto di rimuovere uno sconcerto o di allontanare una minaccia non si vada incontro ad altri pregiudizi fors' anche maggiori. Per lo più si trova utile d' impiegare molti pennelli che facciano piegare a poco a poco il corso del fiume, invece di un solo repellente che faccia violenza al fiume e lo costringa a ripiegare il proprio corso tutt' in un punto. Ma questi sono oggetti che appartengono all' idrometria.

§. 37. Quegli argini che sono in pericolo di corrosione per deficienza di scarpa, o pel troppo scarso declivio della ripa a cui sovrastano, si pongono in salvo con la semplice protrazione della scarpa sia dell' argine, sia della ripa verso il fiume tanto che basti. E dovendo in questi casi la nuova fronte della ripa o dell' argine trovarsi immediatamente esposta alle piene, senza che si lasci prima passare il tempo necessario onde giunga a consistenza (§. 11, 18), diviene necessario di consolidarla nella costruzione con lavori tali che valgano a renderla immune dalle offese della corrente. A tale oggetto possono qualche volta bastare delle ordinarie mantellature (§. 19) ma nei torrenti di rapido corso questi lavori non sono abbastanza efficaci, onde convien ricorrere a più solidi rivestimenti, quali sono le *fascinate*, che si dicono anche *lavori di rosta*. Questi consistono nella soprapposizione di molti strati alternativi di fascine e di terra, i quali formino un sistema unito con una fronte robustissima, che non possa facilmente restar alterata dalla corrente. Indicheremo il modo di costruire i lavori di rosta secondo lo stile che si osserva nei torrenti del Bolognese, e specialmente della Romagna, e che è il più lodato da tutti gl' intendenti di costruzioni fluviatili.

§. 38. Si comincia dall' aprire una fossa appiedi alla ripa o al froldo di

cui si vuol correggere il difetto fino alla profondità d'un metro circa sotto al fondo naturale del fiume. Questa fossa dicesi *la cassa del lavoro.* La sua larghezza dev'essere uguale alla divisata protrazione di scarpa; la sua lunghezza si confonde con quella del lavoro. Sul fondo della cassa conguagliato al livello si stende uno strato uniforme di fascine alto due decimetri, e si piantano quindi, parallele alla sponda e distanti l'una dall'altra quattro decimetri, tante file di pertiche quante ne comporta la lunghezza della cassa. La distanza di una pertica dall'altra in una medesima fila dev'essere essa pure di quattro decimetri, il diametro di ciascuna pertica di cinque centimetri circa, e la lunghezza delle pertiche di due o tre metri secondo la varia natura del fondo, in cui debbono essere conficcate quanto basta a sporgere dal medesimo quattro decimetri, cioè due decimetri sullo strato di fascine. Ai capi delle pertiche, che escono verticalmente dallo strato di legna s'intreccia a fila per fila un tessuto di verghe o bacchette di legna fino alla sommità delle stesse pertiche, il quale tessuto prende il nome di *cordonata.* I vani longitudinali che rimangono fra le diverse cordonate si riempiono con ghiaia del fiume, o con buona terra sminuzzata e battuta con diligenza; onde sullo strato di fascine viene così a stabilirsi uno strato ugualmente alto di ghiaia o di terra. L'aggregato dello strato di fascine e di quello di terra costituisce un così detto *piano di rosta.* Per dare ad intendere come il lavoro debba essere continuato basta di avvertire, che sul descritto primo piano di rosta se ne stabilisce un altro di ugual struttura, cioè composto di uno strato di fascine e di uno strato di ghiaia o di terra, costrutti nello stesso modo del precedente. Se non che il nuovo strato di fascine non deve estendersi fino all'estrema cordonata del piano sottoposto, ma deve ritirarsi tanto verso la ripa quanto è necessario affinchè la fronte del lavoro possa acquistare il prestabilito declivio. In egual modo si vanno via via costruendo altri piani di rosta uno sull'altro; e si va così innalzando il lavoro fino alla fissata elevazione.

§. 39. Il descritto impianto dei lavori di rosta è solo praticabile sopra un fondo che nelle magre del fiume rimanga asciutto. Qualora poi debbasi elevare un lavoro di rosta sopra un fondo costantemente coperto dall'acqua, fa d'uopo di formargli un fondamento con un impianto di perticoni o di pali di mediocre grossezza e con una riempitura di frasche di sarmenti e di terra, sulla sommità della quale battuta e conguagliata a livello del pelo magro del fiume, si procede alla costruzione dei piani di rosta nel modo già spiegato.

Generalmente nei piani di rosta sottoposti al pelo magro del fiume, i quali diconsi *piani morti*, si può far uso di legne secche, ma nei piani superiori, denominati *piani vivi*, importa moltissimo di mettere in opera legne verdi, affinchè possano essere in grado di germogliare, e di produrre quei bassi imboschimenti, che sono tanto (§. 20) valevoli ad assodare le sponde, e ad indebolire la forza della corrente.

§. 40. Con una somigliante struttura di piani di rosta si costruiscono talvolta anche dei pennelli negli alvei dei torrenti. La cassa viene escavata a norma della pianta assegnata al repellente dipendentemente dalle massime di già (§. 30 e seg.) indicate. I piani si vanno di mano in mano ritirando sui fianchi e sulla fronte del pennello, in guisa che possa risultar da ogni lato quella scarpa, che (§. 32) sarà stata giudicata necessaria e

per la stabilità del riparo, e per la sua maggior efficacia a produrre il ricercato effetto.

CAPO IV.

RIPARAZIONI DEGLI ARGINI

§. 41. S'egli è d'uopo d'essere solleciti a premunire con opportune difese gli argini dei fiumi ove si riconoscano esposti a qualche minaccia, molto più è necessario di rimediare con le più pronte riparazioni a qualunque sconcerto che avvenga negli argini medesimi per qualsiasi causa. I rimedj debbono essere intesi non solo a risarcire il guasto attuale, ma ben anche a distruggere le cause che lo hanno generato, e che potrebbero riprodurlo. Distingueremo perciò gli sconcerti delle arginature relativamente alle cause dalle quali derivano, e che possono tutte ridursi a due soli capi, cioè 1.° viziosa struttura, 2.° cattiva esposizione dell'argine.

§. 42. Dalla viziosa struttura di un argine possono derivare i seguenti sconcerti. 1.° Un qualche *calo impreveduto.* 2.° Le *spaccature* o *peli* 3.° I *trapelamenti d'acqua.*

§. 43. Accadendo che un argine per effetto di cattiva costruzione vada soggetto ad un calo maggiore di quello che era stato preveduto, il rimedio da adottarsi non consiste in altro, che nel fare un rialzo dell'argine che compensi il maggior calo in esso avvenuto, e nell'ingrossare l'argine medesimo quanto occorre, affinchè riesca largo in sommità quanto può esser necessario pel transito delle cavalcature o dei carri. Se lo sconcerto si manifesta in tempo di piena, vi si ripara immediatamente con la formazione di un soprassuolo (§. 12.), e si riserba l'alzamento e l'ingrossamento dell'argine a stagione opportuna dopo la cessazione della piena.

§. 44. Le spaccature, le quali possono derivare o da parziali cedimenti del fondo, o da ineguale assettamento del terreno inarginato, o finalmente anche da insufficienza di scarpa, non si rimediano che per mezzo di rinfianchi interni o esterni; e talvolta ancora, se lo sconcerto è assai rilevante, possono esigere che il tronco d'argine difettoso venga disfatto, e quindi rifabbricato di nuovo con tutte le necessarie avvertenze, onde lo sconcerto non abbia a ricomparir di bel nuovo.

§. 45. I trapelamenti d'acqua che non di rado si manifestano negli argini nuovi non danno motivo di timore, nè abbisognano di riparo; attesochè per loro medesimi vanno a poco a poco ad estinguersi a seconda che l'argine va prendendo il suo assetto. Richiedono bensì pronto riparo i trapelamenti d'acque torbide, chiamati comunemente *fontanazzi,* i quali danno sicuro indizio di ampi meati esistenti nell'argine, e generati per lo più o dalla putrefazione di sostanze vegetabili frammiste al terreno, o da trafori fatti dalle volpi, dalle talpe, o da altri animali per formarsi le loro tane. Per rimediare efficacemente a questa sorta di sconcerti è necessario d'incidere longitudinalmente la scarpa dell'argine, scavando un fosso di tale profondità, che giunga ad attraversare il meato, e di riempire un tal fosso di terra argillosa stratificata e ben battuta, che opponga un obice impenetrabile all'acqua. E se mai il danno si affaccia, come non di rado avviene, in tempo di piena, non potendosi per allora senza grave pericolo indebolire l'argine con tagli, conviene differire il radicale riparo già indicato finchè siasi ri-

tirata la piena; ma non devesi intanto ommettere di frenare lo sconcerto con qualche istantaneo espediente. A tale oggetto si tenta di chiudere, se è possibile, il varco al fontanazzo o sulla fronte o sulla spalla dell' argine, turando il foro per cui entra o quello da cui esce l' acqua con materie adattate; e quando ciò riesca, per prevenire il caso che il fontanazzo si riapra, si forma una banca dietro all' argine, affinchè possa servir d' impedimento all' uscita dell' acqua, almeno finchè dura la piena. Qualora poi riesca vano il tentativo di chiudere il fontanazzo alla sua origine o al suo sbocco, il rimedio più sicuro si è quello di formare uno stagno alla spalla dell' argine intorno allo sbocco del fontanazzo, costruendo rapidamente una *parata* di terra a forma di mezza luna, ad un' altezza che superi il pelo della piena; perchè così l' acqua sgorgante dal fontanazzo non potrà espandersi oltre al recinto dello stagno, e quando lo avrà riempito fino al livello della piena non potrà alzarsi di più, e quindi cesserà ogni corso d' acqua per l' interno del meato, e svanirà pel momento qualunque pericolo. Cessata la piena si dovrà poi riparare stabilmente l' argine nel modo già descritto.

§. 46. Per la cattiva esposizione, un argine viene ad essere obliquamente urtato dal filone, che distruggendo progressivamente la golena riduce l' argine in froldo (§. 11), e giunge quindi ad intaccarne la fronte generandovi una *corrosione*. Varie possono essere le cause che spingono il filone obliquamente contro l' argine, e ne rendono cattiva l' esposizione. Le principali sono le tortuosità o risvolte dell' alveo, e delle laterali arginature; l' irregolare profondità ed inclinazione del letto del fiume; ed i parziali interrimenti o altri ostacoli al libero corso dell' acqua. Quando alcuna di tali cause è essenzialmente inerente alla costituzione del fiume, onde non riesce possibile di distruggerla, dicesi *necessaria*; e necessaria quindi la cattiva esposizione dell' argine, come pure necessarie le corrosioni che ne derivano. Quando poi le cagioni sono tali che possono con opportuni espedienti venir dissipate, diconsi *accidentali*; ed è allora accidentale anche la cattiva esposizione dell' argine, ed accidentali diconsi pure le corrosioni che ne sono l' effetto.

§. 47. Alle corrosioni accidentali si rimedia con la ripristinazione della scarpa o di quella parte dell' argine, che è stata distrutta, e con fortificare per mezzo di opportuni lavori di difesa la nuova fronte dell' argine, ben inteso però che tali riparazioni locali sieno combinate con quegli opportuni espedienti, che possono riconoscersi validi ad estirpare la cagione del male, e a togliere il pericolo di vederlo in breve rigenerato. È utile, anzi talvolta indispensabile, di *ritirare* alcun poco quel tratto d' argine che si vuol ripristinare; il che si ottiene mediante un lavoro che dicesi di *scarico*, *di sgravio*, e anche di *ributto*.

Questo consiste nel rendere regolare la fronte con togliere le ineguaglianze generate dalla corrosione, e ritagliare davanti il vecchio argine come e quanto è necessario per formarvi una giusta scarpa; e nel rinfiancare contemporaneamente l' argine alle spalle onde allargarne quanto basti la sommità, adoperando all' uopo la terra ricavata dal taglio anteriore, prendendo il di più che può abbisognare dalle golene vicine.

§. 48. I mezzi che possono essere atti a dissipare le cagioni accidentali delle corrosioni sono i parziali allargamenti dell' alveo, le parziali escavazioni del fondo, e l' impiego moderato dei pennelli, per mezzo dei quali si rivolge

la corrente secondo che giova e al miglior regolamento del fiume, ed alla salvezza della sponda offesa. Il buon criterio e l' espertezza di un Ingegnere sono messi in questi casi ad ardua prova, tanto per la scelta degli espedienti opportuni, quanto per la più accurata applicazione dei medesimi.

§. 49. Le cagioni necessarie di corrosioni sono quelle che non possono distruggersi, perchè essenzialmente dipendenti dalla generale costituzione del fiume nell' attuale suo corso; a meno che le circostanze non comportino di ricorrere ad un radicale rimedio, voglio dire alla correzione opportuna del corso vizioso con parziale mutazione sia del letto del fiume, sia della laterale arginatura. Le mutazioni di letto si ottengono mediante i così detti *tagli* o *drizzagni* pe' quali si fa prendere al fiume nuovo corso ed innocuo, per più o men lungo tratto, secondo l' occorrenza, e tendono per lo più o a raddrizzare l' alveo o a liberarlo da viziose risvolte. Il cambiamento delle arginature ha luogo con i così detti *ritiri d' argine*, vale a dire con la sostituzione di un nuovo argine al vecchio, pel tratto che vuol correggersi secondo una traccia ricurva, che giri alla spalla dell' argine attuale, e riesca valevole a rendere regolare ed innocuo alle sponde il corso del fiume.

§. 50. La sicura riuscita dei tagli dipende dalla buona scelta della linea che ne stabilisce l' andamento, e dalla giudiziosa condotta dell' operazione. Per la scelta della linea ci limiteremo a richiamare le regole date dal Guglielmini (1), e sono:

1.° Di stabilire l' incile del taglio in guisa che possa imboccarvi direttamente il filone del tronco inferiore.

2.° Che lo sbocco del taglio secondi, per quanto è possibile, la direzione del filone nel tronco superiore.

3.° Che quando con una sola linea retta non possa soddisfarsi ad entrambe le precedenti condizioni, debbasi condurre il taglio sulla traccia di due linee rette concorrenti ad angolo ottuso più che sia possibile.

4.° Che qualora non possa il taglio stabilirsi in modo che direttamente v' imbocchi il filone superiore si debba ricorrere al soccorso di qualche repellente (§. 28), che costringa il filone medesimo ad entrare nel nuovo alveo.

5.° che si procuri di abbreviare più che sia possibile il corso del fiume, onde col taglio venga ad aumentarsi la caduta fra i termini del nuovo alveo. Questa condizione è la più importante di tutte, e può anche supplire al difetto delle altre; onde risulta il vantaggio di quei tagli che sono segnati con una sola linea retta, i quali sono quelli che propriamente diconsi *drizzagni*.

§. 51. Stabilito l' andamento del taglio, onde per esso effettuare la nuova inalveazione, non si ha che da segnarne sul terreno la traccia, e sopra questa scavare un canale denominato *savenella*, il quale basta che abbia la larghezza di dieci o dodici metri, e talvolta anche meno, ed una discreta profondità; poichè l' acqua invitata per questo nuovo corso col sopravvenir delle piene allargherà e sprofonderà da sè medesima il nuovo alveo, e ne renderà in breve tempo la sezione ampia e fonda a sufficienza, perchè si possa chiudere con un cavedone (§. 11) l' ingresso del braccio antico da abbandonarsi, e quindi rivolgere interamente il fiume pel taglio. L' opera-

(1) *Della natura de' fiumi.* Cap. VI. e XIV.

zione in tal modo eseguita riesce infallibilmente, a meno che il fondo per cui deve essere aperto il nuovo alveo non sia di materia tanto tenace da non poter essere scavato dalla semplice forza della corrente. Bene è da rammentarsi che la savenella devesi cominciare dall' estremità inferiore del taglio (§. 17), e continuarsi progressivamente fino all' incile, dando mano contemporaneamente alla costruzione degli argini laterali; e che non si deve prima introdur l' acqua nel taglio, che siensi lasciati sufficientemente riposare (§. precitato) ed assettare le nuove laterali arginature.

§. 52. Quelle diversioni o mutazioni di corso, che includono il cambiamento dello sbocco d' un fiume, e che diconsi *nuove inalveazioni*, richiedono le più serie considerazioni in ordine al loro scopo idrometrico, che è quello di correggere il vizioso sistema del fiume nell' ultimo tronco, e la cattiva situazione della foce. Stabilita pertanto la linea, secondo la quale dovrà esser condotta la nuova inalveazione con tutte quelle viste che sono proprie della scienza de' fiumi, l' esecuzione dell' opera, per quanto spetta all' architettura, si conduce con metodo non diverso da quello che si è insegnato per l' effettuazione dei tagli. Solo a questo proposito rimane da aggiugnere, che qualora l' apertura di un nuovo taglio, o di una nuova inalveazione debba farsi attraverso un fondo tenace, contro cui non possa esser valida la forza escavatrice della corrente, rendesi indispensabile di aprire il cavo a tutta quella larghezza e a tutta quella profondità che sono richieste dalla portata e dalle altre condizioni del fiume. E questa completa artificiale escavazione dell' alveo è pure indispensabile, le quante volte la necessità di divertire il fiume sia urgente, perchè il corso attuale nutrisca le cagioni di gravi minacce, o d' imminente pericolo. Ed avvertiremo ancora che in qualunque caso quando possa bastare d' iniziare il cavo lasciando alla corrente la cura di terminarlo, giova non poco a sollecitare l' effetto d' invitar l'acqua nella savenella con un ampio imbocco, il che può ottenersi, sia col dare alla savenella una sezione più larga all' origine, che gradatamente vada poi restringendosi, e riducasi a poco a poco alla misura normale (§. 51), sia col formare all' imbocco del nuovo alveo molte savenelle, che dopo qualche intervallo si riuniscano in una sola di competente ampiezza.

§. 53. I ritiri (§. 44) tendono a sottrarre l' arginatura dall'urto del filone togliendola dalla situazione attuale, e ristabilendola sopra un andamento, che secondi la tendenza concepita per qualsiasi causa del filone medesimo di sistemarsi con una determinata curvatura o *risvolta*. La scienza de' fiumi determina il limite, oltre il quale non può avanzarsi nella sponda una corrosione, prescindendo dall' opporvi qualunque riparo. Una corrosione che si trovi giunta all' indicato limite dicesi *corrosione stabilita*, e determina la curvatura d' una risvolta regolare, in cui le sponde non rimangono più esposte a veruna minaccia. Il ritiro d' un argine deve dunque essere conformato alla curvatura di tale risvolta, sia che la corrosione trovisi già arrivata al suo stabilimento, sia che la corrosione medesima non si riconosca per anco essersi stabilita, ma si possa prevedere il limite fino al quale essa potrà dilatarsi. E la curvatura di tale risvolta determina quindi la figura della nuova sponda del fiume, lungo la quale, serbata una golena di giusta larghezza deve costruirsi il nuovo argine, il quale dicesi *coronella*; e si congiunge col vecchio argine in due punti, uno superiore l' altro inferiore alla risvolta. Le due congiunzioni con pratica denominazione vengono dette *impiccagliature*;

e il cratere rinchiuso fra l' argine nuovo, ed il vecchio dicesi *conca* o *bacino* della coronella.

§. 54. La costruzione d' una coronella non esige regole ed avvertenze diverse da quelle generalmente stabilite (§. 17) per la costruzione delle arginature. Il vecchio argine si lascia sussistere finchè il nuovo siasi perfettamente consolidato; ed intanto si vien mantenendo e riparando con quei frontali lavori, che possono stimarsi opportuni ad impedirne la prematura rovina. Nel medesimo tempo si approfitta delle piene per introdurre a poco a poco l' acqua nella conca, sia col mezzo di opportune macchine idrauliche, sia con l' apertura di piccioli tagli trasversali in sommità del vecchio argine, i quali, onde non sieno dilatati dall' acqua che vi trascorre, sogliono foderarsi internamente di tavole e sulle sponde e sul fondo. Ordinariamente si riempie la conca in tre tempi, o sia in tre successive piene, facendo entrare la prima volta l' acqua fino ad un terzo dell' altezza della coronella e non più, facendola salire la seconda volta fino a due terzi della medesima altezza, e finalmente lasciando che si elevi liberamente la terza volta fino a livellarsi con la piena del fiume. L' acqua introdotta nella conca con l' esposto artificio accelera il consolidamento del nuovo argine, e serve insieme di rinfianco al vecchio. Ma il principale vantaggio che deriva dall' indicato metodo si è quello di mettere a prova la coronella, e di dar campo di riconoscere se abbia qualche difetto, e di applicarvi gli opportuni rimedi, prima ch' essa si trovi esposta al corso libero del fiume.

§. 55. Trascorso il tempo necessario pel perfetto assettamento della coronella, che per consenso generale dei Pratici si stabilisce di due anni o almeno di uno; fatta prova col metodo testè indicato della riuscita del nuovo argine, e posto rimedio a quei difetti che si fossero potuti scoprire, non rimane a compimento dell' opera che di distruggere il vecchio argine, onde le piene possano liberamente espandersi nel seno della coronella, ed appoggiarsi alla medesima. Affinchè questa operazione succeda con regolarità, e per evitare qualunque sinistro accidente, indicheremo con quale ordine debbasi procedere secondo gl' insegnamenti dei più autorevoli maestri. Si dovrà dunque attendere la circostanza di una piena, e quando questa comincerà a dare segno di calare, si apriranno diversi fossi trasversali in sommità del froldo a distanza di 25 in 30 metri dall' impiccagliatura inferiore della coronella. Ciascuno dei fossetti non sarà largo che un metro o poco più, e la profondità sarà regolata in modo che l' acqua contenuta nel cratere della coronella, incanalatasi per questi fossi, scorra per essi nel fiume mantenendosi ad un' altezza che superi di due in tre decimetri quella della piena. E così a poco a poco si vengono più escavando i fossi di mano in mano che la piena si abbassa, in modo che si mantenga costantemente la medesima differenza di livello fra i due peli d' acqua, finchè si arrivi al fondo del bacino, e venga questo a rimanere del tutto vuoto. In allora si apre il froldo da cima a fondo in larghezza di otto o dieci metri, a distanza di metri 12 dall' impiccagliatura superiore; ed un altro taglio uguale si fa nello stesso froldo in distanza di metri 8 dall' impiccagliatura inferiore, essendo i tagli su tutta la grossezza del froldo aperti in guisa che convergano verso l' apice della coronella. Ciò fatto, null' altro occorre, giacchè il fiume alla prima escrescenza facendosi strada per le indicate due bocche prenderà corso fra il froldo e la coronella, e la forza

della corrente in breve tempo compirà da sè medesima la distruzione del vecchio argine.

§. 56. Tutte le descritte operazioni, concernenti e il dar l' acqua alla conca, ed il vuotarla, vogliono essere condotte con la massima oculatezza; ed esposta la coronella al corso del fiume importa di vigilarvi sopra con instancabile assiduità al sopravvenire delle prime piene, finchè con replicati esperimenti abbia dato prova di solida riuscita; ed in tali circostanze saviamente suggeriscono i bravi Pratici che debba tenersi in pronto buona copia di materiali e di terra e di attrezzi e di operai; affinchè in caso di qualche minaccia o di qualche sconcerto nulla abbia a mancare, e possa porvisi all' istante l' opportuno riparo.

§. 57. Non sempre le circostanze locali permettono di correggere il vizioso sistema d' un fiume per mezzo di qualche taglio, ovvero di qualche ritiro dell' arginatura. Così p. e. all' una e all' altra delle indicate operazioni si oppone la condizione di quei tronchi di fiume, i quali hanno il loro corso adiacente a qualche palude, o a qualche laguna. In tali casi le corrosioni, che dipendono da cagioni necessarie inerenti al sistema attuale dell' alveo o delle arginature, non possono ricevere un radicale riparo; e per conseguenza non vi è altro da fare che tenere sotto una continua vigilanza la località minacciata, ed essere pronti e indefessi a risarcir l' argine ad ogni piccolo guasto che si manifesti, non risparmiando l' uso opportuno dei rivestimenti, delle gabbionate, dei moli, dei pennelli, o di qualunque genere di lavori, che possa riputarsi più adattato a norma delle locali circostanze a difendere e fortificare il froldo contro l' attacco della corrente. Ed importa principalmente di ritenere sotto una guardia speciale questi punti minacciati quando accadono le piene del fiume, e di non interporre il menomo indugio al più lieve indizio d' imminente sconcerto, e di mettere in opera quegli istantanei espedienti che possono essere validi ad allontanare il pericolo. Tali sono p. e. i ciuffi (§. 35), che giovano ad estinguere in parte l' impeto della corrente; i sacchi ripieni di terra, i buzzoni o altri manufatti (§. 23, 24), che gettati nel fiume dinanzi al froldo minacciato diminuiscono il fondo, e formano un obice alle frane o *slatti* della ripa; i pennazzi (§. 21.), i quali possono servire a formare un istantaneo rivestimento se si adattino sulla fronte minacciata fermandone la sommità con paletti o terraficcoli piantati nella scarpa, e obbligandoli a rimanere aderenti all' argine con pesi attaccati al loro lembo inferiore. L' uso e le circostanze somministrano talvolta altri ripieghi, dai quali la sagacità e l' esperienza d' un Ingegnere possono nelle occasioni ricavare vantaggioso partito.

CAPO V.

PRESA DELLE ROTTE

§. 58. Gli sconcerti delle arginature non prevenuti, o non riparati efficacemente danno occasione alle *rotte*, cagioni d' immensi danni e di lutto alle misere popolazioni. La rotta è quello squarcio o quella bocca che la violenza di un fiume in piena apre in qualche tratto di arginatura indebolito, e reso inabile a resisterle; per cui le acque prendono corso e vanno ad espandersi sulle campagne. Il chiudimento o sia la presa delle rotte è

una delle più ardue ed importanti operazioni dell' arte dell'Ingegnere. La presa consiste nella ripristinazione di quel tronco d' argine, che dall' impeto della piena è stato distrutto; e le difficoltà dell'operazione derivano dalla corrente di acqua incanalata per la rotta, e dallo sconvolgimento che questa produce nel fondo su cui dev' essere ristabilito l' argine. Queste difficoltà sono maggiori o minori secondo la diversa costituzione del fiume rispetto alle laterali campagne; e quindi i Pratici distinguono le rotte in due classi. Appartengono alla prima classe quelle rotte che succedono nell' arginatura di qualche fiume, il cui pelo magro è ad un livello più basso delle campagne laterali. Formano la seconda classe le rotte di quei fiumi, che anche in tempo di magra hanno il pelo d' acqua più elevato delle adiacenti campagne.

§. 59. Le rotte della prima classe, quali sono per es. quelle del Po, si chiudono con minor difficoltà delle altre. Nella presa di tali rotte sono suggerite dall' arte le seguenti avvertenze.

1.° Non deve porsi mano a verun lavoro pel chiudimento della rotta, se prima il fiume non sia tornato allo stato di magra, e quindi le acque non abbiano cessato di correre per la bocca della rotta.

2.° Se sull' andamento dell' argine distrutto l' impetuoso e disordinato corso dell' acqua avesse escavato profondi gorghi, sarebbe contrario alla riuscita del nuovo argine, ed all' economia il volere ristabilire l' arginatura sulla primiera traccia; ma sarà conveniente di tirar indietro il nuovo argine, conducendolo con una regolare curvatura dall' uno all' altro capo della rotta, in modo da evitare possibilmente tutti gli sconcerti del fondo.

3.° La ripristinazione dell' argine s' incomincia contemporaneamente ai due termini della rotta, e si progredisce col lavoro d' ugual passo dai due lati verso il mezzo, finchè i due bracci del nuovo argine giungano ad unirsi.

4.° Nella costruzione del nuovo argine si deve procedere con la massima celerità, onde evitare di esser sorpresi prima che sia compito il chiudimento della rotta da una nuova piena, per cui si perderebbe quanto si fosse fatto e, quel che è peggio, sarebbero sottoposte le campagne ad una nuova inondazione.

5.° Siccome l'accennata mira di non essere sopraggiunti da qualche nuova piena costringe ordinariamente ad ammassare in fretta il terreno senza distenderlo a strati, e senza batterlo, come è necessario (§. 17) per la buona riuscita di un argine, così per supplire la mancanza di tali precauzioni si dovrà abbondare nella grossezza e nella scarpa del nuovo argine: e si dovrà aggiungere a questo il rinforzo di una banca, ed anche di una sottobanca, qualora esso abbia una notabile altezza.

6.° Essendo verisimile che il nuovo argine debba trovarsi esposto a qualche piena prima di essersi completamente assodato, non deve tralasciarsi di coprir la sua fronte con qualche rivestimento; o di munirla con robuste fortificazioni di gabbionate, o di altro genere qualora si tratti di un froldo, come per lo più accade.

§. 60. Assai più malagevole riesce la presa di quelle rotte, che appartengono alla seconda classe (§. 58), in cui il nuovo argine è forza che venga eretto malgrado la possa di una sfrenata corrente, che minaccia costantemente di sconvolgere e portar seco ogni obice che gli si fa incontro. Con la scorta di Zendrini (1) ci faremo ad esporre succintamente il complesso

(1) *Leggi e fenomeni delle acque correnti.* Cap. XI.

delle operazioni necessarie pel chiudimento delle rotte di questa classe, secondo lo stile accettato da tutti i buoni Pratici, ed insieme quelle avvertenze che per isperienza si sono riconosciute essenziali per la felice riuscita di tali imprese.

§. 61. Finchè dura la piena sarebbe inutile qualunque tentativo pel chiudimento d' una rotta. Debbono bensì apparecchiarsi frattanto tutti i materiali, e darsi tutte le disposizioni occorrenti, affinchè a tempo opportuno tutto sia pronto per metter mano all' operazione. E debbono intanto gli Ingegneri applicarsi anche con tutto l' impegno, e con tutti i sussidi dell' arte a riconoscere minutamente tutte le circostanze della rotta; e nel medesimo tempo a mettere in opera tutti quei mezzi che possono esser validi a far sì, che l' inondazione si dilati meno che sia possibile, e che possano le acque espanse trovar molti e pronti scarichi, e non abbiano a fermarsi lungamente sulle campagne quando sarà chiusa la rotta. Allorchè poi le acque del fiume si saranno ridotte allo stato loro ordinario col cessar della piena, prima d' ogni altra cosa si dovranno fortificare con paradori o con altre robuste armature i due capi dell' argine squarciato, o sia i *labbri* della rotta, onde assicurarli contro la forza della corrente, ed impedire che l' apertura della rotta possa maggiormente dilatarsi.

§. 62. Dopo di ciò si deve pensare a stabilire l' andamento opportuno da darsi al nuovo argine; in cui debbono combinarsi insieme e la più vantaggiosa direzione rispetto al corso del fiume, e la più stabile collocazione relativamente alla qualità e allo stato del fondo. Occorre perciò di riconoscere per mezzo di numerosi scandagli lo stato del fondo, tanto nel cavo della rotta quanto nelle adiacenti parti del fiume; siccome pure di prendere molti saggi del terreno intorno alla rotta. E quindi coi risultati di tali rilievi alla mano, e con i debiti riguardi alle circostanze del fiume, potrà fissarsi la traccia sulla quale dovrà esser piantato il nuovo argine.

§. 63. Armati o *intestati* i labbri della rotta (§. 61), e stabilito l' andamento del nuovo argine (§. 62), prima di porsi in lotta con la corrente, da cui è dominata la rotta, giova di scemarne possibilmente le forze. A questo scopo tende un *paradore* (§. 21), con cui si ricopre l' imboccatura della rotta, e che si pianta a seconda di una linea, la quale parte dalla sponda a distanza di met. 75 circa dal labbro superiore, e viene a concorrere col filone sotto un angolo di circa dieci gradi. Su questa linea il paradore si estende fino dirimpetto al labbro inferiore; o per lo meno fino che abbia oltrepassato il filone di quel ramo della corrente, che si rivolge per la rotta. La lunghezza dei pali da impiegarsi nella costruzione del paradore deve essere determinata a seconda dell' altezza dell' acqua e della natura del fondo sottoposto; ed il diametro dev' essere fissato in una giusta relazione con la lunghezza. I pali si piantano a distanza non maggiore di un diametro l' uno dall' altro, e s' incatenano con diversi ordini di corsìe o filagne, intrecciandovi anche verghe o pertiche pieghevoli, onde impedire per quanto è possibile il passaggio dell' acqua. Ma nei fiumi più rapidi, ed in quelli che hanno il loro pelo ordinario molto più alto delle adiacenti campagne, per meglio assicurare la stabilità ed il buon effetto del paradore non può farsi a meno di piantare i pali uno accosto all' altro o sia *testa con testa*; nel qual caso l' inviminatura, invece d' esser intrecciata ai pali, viene adattata in forma di copertura o di rivestimento sulla fronte del paradore.

§. 64. Dopo lo stabilimento del paradore, onde non lasciar tempo alla generazione di quegli sconcerti a cui sono essenzialmente soggette le palafitte piantate entro gli alvei dei fiumi (§. 22), si deve passare senza dilazione alle altre operazioni che sono direttamente rivolte al chiudimento della rotta, o vogliam dire alla ripristinazione dell' argine. A queste si dà principio con piantare contemporaneamente due *palificate* di struttura uguale a quella del paradore attraverso la bocca della rotta, o sia fra il labbro superiore e l' inferiore. Una di queste palificate si dispone su quella linea che segue l' andamento del ciglio interno dell' argine da costruirsi; e dicesi *palificata maestra*: l' altra si colloca sull' andamento del ciglio esterno, e questa si denomina *contropalificata.* La prima si diparte dal labbro inferiore, la seconda dal labbro superiore: nè generalmente è necessario che ciascuna di esse si estenda fino all' altro capo della rotta, ma ordinariamente basta che si coprano l' una con l' altra alle due estremità, e che ciascuna delle due occupi la maggior parte dell' apertura della rotta.

§. 65. Le due palificate si collegano insieme per mezzo di legni orizzontali, chiamati *catene*; e si rinforzano con più ordini di traverse o filagne fermate ai pali da grosse caviglie di ferro ribattute in punta. Lo spazio racchiuso fra le due palificate forma la cassa in cui dev' essere costrutto l' argine, e praticamente dicesi *cassa delle volpare.* Dietro alla contropalificata si colloca un' altra fila di pali che serve a quella di rinforzo, sostenendola per mezzo di orboni (§. 21) interposti; e qualche volta per maggior fortezza in questa retrofila si piantano i pali *aggruppati* a tre per tre. E qualora se ne conosca il bisogno non deve lasciarsi di collegare anche la palificata maestra col paradore mediante le catene orizzontali, le quali verranno sostenute da altri pali intermedi nel caso che la distanza fra la palificata ed il paradore lo esiga.

§. 66. È principalmente importante di fortificare più gagliardamente d' ogni altra quella parte del sistema, la quale giace sulla direzione che ha il filone di quel ramo d' acqua, che corre per la rotta dopo il collocamento del paradore e delle palificate. Ordinariamente questa direzione divide la larghezza della rotta in due segmenti, di cui il superiore sta allo inferiore come 1 a 2. Sul passaggio del filone si rinforza dunque il sistema con l' aggiunta di altre file posteriori di pali aggruppati, le quali per l' interposizione di catene o di orboni vengono a servir di sostegno alla contropalificata ed alla palificata maestra. Quella parte del sistema la quale è intersecata dal filone, e viene fortificata nel descritto modo, vien chiamata dai Pratici *il castello della rotta*; quasi volendo dire la cittadella o il luogo più difeso e più forte. La fig. 7 rappresenta una rotta aperta nell'arginatura destra di un fiume. A A A è il labbro destro o superiore; B B B il labbro sinistro o inferiore; C C è il paradore; D D la palificata maestra, E E la contropalificata; F F una retrofila di pali aggruppati, e finalmente G G G il castello della rotta. Le linee segnate normalmente e obliquamente alle palificate dimostrano il collocamento delle catene e degli orboni, che tengono concatenate le varie parti del sistema.

§. 67. Compiti i descritti lavori preparatorii, si procede alla costruzione dell' argine cominciando contemporaneamente ai due capi della rotta, e progredendo d' ugual passo da ambe le parti verso il castello. Per fondamento del nuovo argine si getta copia di volpare nella cassa, o sia fra le due pa-

lificate, ed anche esternamente alle palificate stesse ove dovranno sorgere le due scarpe. Allorchè il riempimento formato con le volpare emerge dall' acqua, ed è giunto presso a poco ad uguale altezza in tutti i punti, salvo che sul mezzo del castello, ove si viene a ristringere il corso dell'acqua, non rimane che da costruire col metodo ordinario l' argine di buon terreno stratificato e battuto, facendo sempre avanzare ugualmente il lavoro da ambe le parti, finchè lo comporta quella corrente, che attraversa il castello tanto più impetuosa quanto più è ristretta.

§. 68. La maggiore difficoltà consiste nel chiudere l' ultimo varco rimasto alle acque del castello, o sia, come dicono i Pratici, nel *dare la stretta* alla rotta. Acciocchè l' impresa riesca a buon fine è necessario che questa sia l' opera di pochi istanti, onde tutt' ad un tratto la corrente venga arrestata da tale ostacolo che la sua forza non valga ad espugnare. Per tale effetto si ha cura di tenere apparecchiata larga copia di volpare, di gabbioni, e di sacchi di terra; e giunto il momento opportuno, a furia di tali materie, per opera di gente coraggiosa, sperimentata, e ben diretta, quasi ad un tratto si chiude il varco, e si arresta il corso dell' acqua. Sull' ammasso dei materiali con cui si è impedito il varco, e che quindi rimane superiore al pelo dell' acqua, si porta a compimento l' argine con semplice riporto di terra secondo le regole consuete.

§. 69. Non solo nel dare la stretta alla rotta, ma in tutto il corso delle descritte operazioni è necessaria la massima celerità, onde non lasciar tempo all' acque di danneggiare i lavori; e soprattutto ad effetto di prevenire qualche nuova piena, la quale sopravvenendo prima che il chiudimento della rotta fosse compito, manderebbe in rovina tutti i lavori fatti, e correrebbe di nuovo ad inondare il paese.

§. 70. Il nuovo argine eretto sopra un fondo sconcertato, formato in fretta con tanta varietà di materie, e obbligato a trovarsi esposto alla corrente fino dai primi momenti della sua costruzione, non può offerire quella solidità e quella sicurezza di cui sono dotati gli argini costrutti sopra un buon fondo nei modi regolari. Agli accennati inevitabili difetti di fondazione e di struttura bisogna dunque che suppliscano le maggiori dimensioni dell' argine, le difese, e i rinforzi esteriori. Quindi gli argini attraverso le rotte, a sentimento dei buoni Pratici, si debbono costruire un quarto più grossi, ed un sesto più alti dei tronchi d' arginatura ai quali si congiungono, e debbono rinforzarsi alla spalla con banca e sottobanca, e difendersi sulla fronte con opportuni rivestimenti o mantellature (§. 19); e fortificarsi anche con gabbionate (§. 24), o con armature d'altra specie, qualora si trovino in una posizione minacciata dal corso del fiume. Per qualche tempo si può anche lasciar sussistere il paradore a riparo del nuovo argine, purchè per altro non se ne prolunghi di troppo l' esistenza, e non si dia campo al fiume di produrre quegli sconcerti, che sono inevitabili effetti di questa sorte di ripari (§. 22)

§. 71. Quando l' apertura d' una rotta è molto ampia, affine di rendere più facile, più sollecita, meno pericolosa, e di minor dispendio l' esecuzione di tutti i descritti lavori necessari per chiuderla, non deve tralasciarsi di ristringerne in prima la bocca, per quanto lo possono comportare le circostanze dell'acqua che per essa trascorre. Il ristringimento si ottiene col ricostruire due nuovi tronchi d' argine in prolungamento dell' arginatura

superiore e dell' arginatura inferiore alla rotta; sia sulla traccia dell' argine preesistente, sia sopra un andamento diverso più confacente alle attuali circostanze del fiume. Portati così avanti i due capi della rotta fino a quel segno, oltre il quale la corrente non permette di progredire, s' intestano i due labbri (§. 61.) e quindi si procede ordinatamente alla presa della rotta, secondo il metodo di già insegnato.

§. 72. La benefica mira di liberare i popoli dai perniciosi, e non di rado funesti effetti delle rotte, impegna i provvidi Governi alla più attenta e indefessa cura delle arginature de' fiumi, per mantenerle esenti da quegli sconcerti che possono lederne la stabilità, e avventurarne la sicurezza. Questa nobile cura costituisce uno dei più importanti e più onorevoli attributi dei pubblici Ingegneri, per cui si rendono cari ai popoli, e necessari allo Stato. Deducano quindi gli studiosi dell' arte quanto debba loro essere a cuore di abilitarsi a ben soddisfare a cotanto impegno con l' acquisto di tutte quelle più estese cognizioni, che possono attingersi nelle molte lodate opere in materia di fiumi, di cui è ricca la nostra Italia, e di quell' esperienza, che può solo ottenersi con l' esercizio dell' arte sotto la disciplina di valenti maestri, e senza la quale in questo più che in qualunque altro ramo d' architettura di poco giovamento potrebbero riuscire tutte le teoriche cognizioni.

CAPO VI.

DELLE STRADE

§. 73. Sarebbe superfluo il dire quanta influenza abbiano le strade sulla prosperità del commercio e dell' agricoltura, sulla propagazione delle umane cognizioni, sul progresso dell' incivilimento dei popoli, sul mantenimento di tutte le sociali relazioni. È questo un punto di economia politica generalmente riconosciuto, e sul quale non si oserebbe muovere il più piccolo dubbio. Il ben essere delle strade è dunque un oggetto di grande interesse per ogni Stato, che richiama a buon dritto le provvide cure d' ogni illuminato Governo, e che forma nello stesso tempo una delle più belle applicazioni dell' arte dell' Ingegnere.

§. 74. In una strada considerata come opera dell' arte sono da distinguersi diversi oggetti integranti, i quali possono ridursi ai seguenti capi.

1. Andamento topografico.
2. Profilo di livellazione longitudinale.
3. Sezione o profilo di livellazione trasversale.
4. Struttura materiale.
5. Opere che servono al travalicamento dei corsi d' acqua, dai quali è intersecato l' andamento della strada.
6. Accessorii accidentali di solidità, di sicurezza, di comodo e di abbellimento.

Il buon essere d' una strada è basato sui tre generali requisiti della civile architettura, solidità, comodo, e bellezza, conciliati con le viste di una giudiziosa economia, che non debbonsi mai preterire in qualsiasi opera che s' intraprenda, sia per pubblico, sia per privato conto. Ed il conseguimento di tali requisiti deve quindi essere lo scopo di qualunque progetto per l' apertura di nuove strade, e pel perfezionamento di strade già esistenti;

a cui debbono collimare con le particolari loro condizioni i diversi oggetti integranti testè enumerati.

§. 75. L' andamento topografico di una strada è una linea mista tracciata sulla carta topografica del paese, la quale determina le proiezioni di tutti i punti della superficie terrestre per cui passa la strada, o sia la proiezione della *linea stradale* sopra un piano orizzontale, o più rigorosamente sopra una superficie sferica concentrica alla terra. Ordinariamente gli estremi di questa linea sono due punti dati nella superficie della terra, più o meno distanti fra loro, e separati da pianure o da montagne. I punti intermedii vengono determinati dietro il più circostanziato e maturo studio del paese, in guisa che l' andamento risultante soddisfaccia alle condizioni di solidità, di comodo, di amenità, e di economia combinate nel modo più soddisfacente.

§. 76. Per la solidità si richiede che l'andamento d' una strada sia tenuto lontano dai fondi paludosi soggetti ad avvallamento, e dalle rive dei torrenti disarginati e di corso vagante; come pure dalle frane, dalle rovine, e dalle vene d' acque sorgenti. Oltre l' attenta oculare osservazione non deve omettersi di esplorare il terreno con frequenti ed accurati assaggi, per tener lontano l' andamento stradale da quei siti nei quali il fondo si mostrasse di natura mal fermo, e facile a cedere sotto i gravi carichi delle vetture.

§. 77. Nel fissare l' andamento topografico di una strada in ordine al comodo, le condizioni che si ricercano sono le seguenti.

1.° La brevità.

2.° Il passaggio pel maggior numero possibile di luoghi abitati.

3.° Evitare i passi in vicinanza delle macchie, che possono servir di rifugio ai malviventi.

4.° Schivare le balze, e i dirupi, i quali potessero rendere indispensabili salite molto ripide o inutili.

5.° Scegliere le più favorevoli esposizioni, segnatamente nei paesi montuosi, procurando che la strada vada a riuscire difesa dai venti settentrionali, e ben dominata dal sole.

6.° Sviluppare le risvolte con curvature dolci, per cui il cambiar direzione non riesca malagevole e pericoloso alle vetture.

Le prime cinque condizioni sono interamente affidate al buon criterio dell' Ingegnere, che alle circostanze diverse dei luoghi deve saper adattare il partito più conveniente. La sesta può generalmente restare adempita per mezzo della geometria a tavolino, e con l' uso degl' istromenti geodetici in campagna. Ordinariamente i gomiti rettilinei dell' andamento d' una strada si convertono in risvolte circolari, o paraboliche. La regolarità di una risvolta richiede in generale che l' arco di circolo o di parabola inscritto nel gomito rettilineo sia tangente all' uno e all' altro dei due lati del gomito. Gioverà di accennare i metodi geodetici, per mezzo dei quali possono speditamente tracciarsi sul terreno le risvolte di una strada tanto circolari quanto paraboliche (1).

§. 78. Vogliasi primieramente trasformare il gomito rettilineo X B Z (fig. 8) in una risvolta circolare A D E F C. Si prendano su i due lati B X, B Z del gomito due segmenti uguali B A, B C, e si conduca la retta A C. L'an-

(1) Sganzin — *Programmes ou resumés des leçons d' un cours de construction.* XIII leçon.

golo B A C si divida in un numero arbitrario di parti uguali . e nel medesimo numero di parti uguali si divida anche l' angolo B C A. Sia per esempio diviso il primo nei quattro angoli uguali B A a, a A b, b A c, c A C; e sia diviso il secondo nei quattro angoli uguali B C α, α C β, β C γ, γ C A. Il punto D, in cui la linea A a è tagliata dalla linea C γ; il punto E, in cui la linea A b incontra la linea C β; finalmente il punto F, in cui s' incontrano le rette A c, C α, sono situati sopra un arco di circolo a cui sono tangenti nei punti A, C i due lati B X, B Z del gomito.

Questa costruzione può eseguirsi sul terreno col semplice uso del grafometro, e della catena metrica. I punti della risvolta, che vengono determinati, sono tanti, meno uno, quante le parti in cui è stato diviso ciascuno degli angoli B A C, B C A. Ed è manifesto che non può una risvolta stabilirsi secondo un arco di circolo, se non quando la località permetta di fissare i suoi termini equidistanti dal vertice del gomito, e qualora lo spazio angolare rinchiuso nel gomito non contenga ostacoli tali che impediscano l' operazione, o che sieno contrari ad alcuna delle condizioni del buono andamento della strada.

§. 79. Vogliasi in secondo luogo sostituire una risvolta parabolica al gomito rettilineo X B Z (fig. 9). Si fissino sui lati B X, B Z del gomito, a discrezione, avuto riguardo alle circostanze locali, i due termini A, C della risvolta. Si divida la retta B A in un numero qualunque di parti uguali, ed in ugual numero di parti uguali si divida anche la retta B C. Per esempio sia B A divisa in quattro parti uguali B γ, γ β, β α, α A; e sia anche B C divisa in quattro parti uguali B a, a b, b c, c C. Si tirino le rette A a, a b, β c, γ C. I punti D, E, F di reciproca intersezione di tali rette giaceranno sopra una medesima parabola conica tangente ai due lati B X, B Z del gomito nei due punti A, C.

Può praticarsi questa costruzione in campagna con l' uso della catena metrica e di sole paline. Il numero dei punti così determinati sull' andamento parabolico della risvolta è uguale al numero delle parti uguali in cui è stato diviso ciascuno dei lati B A, B C, meno uno. E quanto maggiore è il numero per cui sono divisi quei lati, tanto più l' arco parabolico risulta convesso e lungo nel suo sviluppo. Onde si deduce, che questa costruzione è applicabile anche a quei casi nei quali le circostanze costringono a situare i termini della risvolta non equidistanti dall' apice B del gomito; e che di più si adatta con molto vantaggio a rendere la risvolta più o meno convessa ed allungata, conforme può essere richiesto o dagli ostacoli interposti ai due lati del gomito, o dalla vista di mantenere nella strada un regolare declivio longitudinale, a norma di ciò che su quest' articolo si dirà a luogo opportuno.

§. 80. Nelle strade di montagna non di rado gl' imbarazzi frapposti ai lati del gomito sono tali, che assolutamente impediscono le operazioni geodetiche non ha guari indicate. In tali casi, non essendovi altro metodo grafico diretto che possa adoperarsi, non vi è altro espediente che di trasportare sul terreno col soccorso degli istromenti geodetici, e con le regole della geodesia, la curva della risvolta disegnata sulla pianta dell' andamento stradale, determinando quel numero di punti, che può essere sufficiente per fissare con giusta approssimazione la traccia della risvolta. Potrà forse anche in questi casi aversi speditamente l' intento, siccome afferma lo Sganzin,

procedendo a tentone con quel metodo adottato dagli Ingegneri francesi di cui esso dà conto (1) ne' seguenti termini.

Sia A H P (fig. 10) il gomito rettilineo da convertirsi in una risvolta curvilinea. Si prenda sopra H A il segmento arbitrario A B, p. e. di m. 10; e fatto centro in A con l' intervallo A B si descriva un arco di circolo. Vi s' inscriva a discrezione una corda B C, e condotto il raggio A C si prolunghi raddoppiandolo fino in D; e quindi, fatto centro in C, col raggio C D si descriva l'arco D E e vi s' inscriva la corda D E uguale a B C. Segnata la linea C E, e prolungata questa fino in F, in modo che sia E F eguale a C E, si continui avanti sempre nello stesso modo finchè si giunga ad incontrare la linea H P. Se l' incontro accade precisamente nel punto P non vi è altro da fare, ed i punti C, E, G, ec. determinano l' andamento curvilineo della risvolta. Se poi non si giugne precisamente ad incontrare il punto P, si deve ricominciare l' operazione aumentando o diminuendo opportunamente la lunghezza della corda B C, e delle altre uguali D E, F G, ec., e tornare e ritornar da capo, finchè per una certa lunghezza di esse corde si venga con l' ultimo raggio visuale a cadere sul punto P, o a piccola distanza dal medesimo.

§. 81. La bellezza dell'andamento topografico d' una strada è riposta nella regolarità delle linee che lo compongono, e quindi nella maggior possibile frequenza e continuazione dei rettifili, nel ben inteso sviluppo dei tratti curvilinei, e nella buona forma delle risvolte, ed insieme nella bella esposizione, consistente tanto nell' amenità del paese che si attraversa, quanto nel frequente incontro di bei punti di vista, e di luoghi abitati. Per massima la bellezza a questo proposito è un requisito accessorio, a cui non debbono sacrificarsi nè la solidità, nè il comodo, e per cui sarebbe poco senno d' andar incontro a ragguardevoli aumenti di spesa.

§. 82. Finalmente l' economia richiede che l'andamento topografico d'una strada debba essere stabilito con i seguenti riguardi.

1.° Schivare in pianura i fondi paludosi e i terreni bassi soggetti alle inondazioni. Questi obbligherebbero alla spesa dell' erezione d'un argine per formarvi sopra la strada onde renderla esente dalle alluvioni; quelli esigerebbero opere di grave dispendio per correggere la cattiva natura del fondo e dare alla strada uno stabile collocamento.

2.° Evitare in montagna le falde di terreno facile a franare, le coste di sasso vivo, e i dirupi. Le prime porrebbero nella necessità di costruire robusti muri di sostegno, onde far fronte alla scorrevolezza del terreno; il sasso vivo fa riuscire costosissimi i tagli; i dirupi rendono indispensabili i muri o le barricate di riparo per la sicurezza dei viaggiatori.

3.° Scegliere la linea più breve fra i due punti, che si debbono congiungere, tende evidentemente al risparmio tanto della prima spesa di costruzione, quanto della successiva manutenzione della strada; purchè per altro la mira della brevità non esponga a dover affrontare tali ostacoli e a fare tali operazioni, che assorbiscano una spesa di gran lunga maggiore del risparmio prodotto dall' abbreviazione della linea.

4.° La buona esposizione riguardo all' aspetto del cielo tiene la strada dominata dal sole e dai venti meridionali, che ne facilitano l' asciugamento

(1) *Programmes etc.* XIII. Leçon.

dopo le piogge, e il disfacimento delle nevi, ed impediscono quel maggior consumo, che succede nel materiale della strada quando conserva per lungo tempo l' umidità.

5.° Per lo stesso riflesso giova di tener lontana la strada dai luoghi soggetti a scaturigini o filtrazioni d'acqua; oltrechè si viene così a schivare il bisogno dei cunicoli o degli acquedotti necessari per raccogliere e dar esito regolato alle acque medesime.

6.° La spesa di prima costruzione, e quelle della successiva manutenzione riescono più moderate se si abbia cura di condurre l' andamento stradale per luoghi in cui si trovino vicini i materiali occorrenti per la costruzione e pel mantenimento della strada.

7.° Un punto assai interessante per l'economia è quello del maggior possibile risparmio dei tagli e dei movimenti di terra; e questo deve particolarmente aversi in vista nella scelta dell' andamento topografico d' una strada, per quanto possa conciliarsi con i riguardi della ragionevole brevità della linea, del minor numero e della discreta ripidità delle salite e delle discese.

8.° Finalmente vogliono scegliersi con grande avvedutezza i punti più adattati pel passaggio de' fiumi, ove devono costruirsi i ponti, affinchè la costruzione di questi riesca di moderato costo, e di sicura durata; avendo perciò di mira la non soverchia ampiezza, e sopra tutto la regolarità e la stabilità del letto, se si tratta di un torrente che scorre disarginato nelle proprie alluvioni.

§. 83. In pianura può stabilirsi l'andamento topografico d'una strada indipendentemente da ogni riguardo concernente il profilo di livellazione, il quale basta che sia rilevato in appresso onde poter in conformità di esso regolare lo scolo delle acque, e la situazione delle chiaviche per la diversione delle acque medesime; o al più per determinare il parziale alzamento che potesse occorrere in qualche tratto lungo un basso fondo soggetto alle inondazioni nelle piene di qualche fiume, o nelle burrasche del mare vicino. Ma nei paesi montuosi, poichè la buona costituzione dell'andamento di una strada è legata ad alcune essenziali condizioni, specialmente di comodo e di economia, la verificazione delle quali dipende insieme dalle circostanze del profilo di livellazione, diviene indispensabile di stabilire nello stesso tempo e l' andamento e il profilo. Per la qual cosa, prima di esporre il processo delle operazioni necessarie per fissare in qualunque caso l' andamento di una strada, fa d' uopo di premettere quelle considerazioni che son dovute al profilo di livellazione longitudinale.

§. 84. Il profilo di livellazione longitudinale rappresenta la linea stradale nelle sue diverse giaciture, relativamente ad una data linea orizzontale. La giacitura considerata nei singoli tratti può essere orizzontale, o inclinata. I tratti inclinati diconsi in *salita* se divergono dalla orizzontale, secondo la direzione del profilo, che per una semplice convenzione geodetica procede dalla sinistra verso la destra di chi ha sott'occhio il disegno; e diconsi in *discesa* quando convergono con l' orizzontale. Ciò sussiste per altro nell' ipotesi che l' orizzontale cada sotto al profilo, come comunemente si usa: se questa fosse stabilita al di sopra, le salite e le discese si prenderebbero in senso inverso. Se due tratti si succedono con inclinazioni opposte diconsi in *contropendenza*. L' inclinazione o *pendenza* delle salite e delle discese è

determinata dall' angolo che fa la linea stradale, o sia la linea del profilo con l' orizzontale; ma in pratica riesce più comodo di desumerla dal rapporto che passa fra la lunghezza del tratto inclinato e la sua altezza, o sia la distanza verticale fra due linee orizzontali condotte per i punti estremi del tratto. Questo rapporto si riduce ad un tanto per cento, onde si dice una salita o una discesa, che ha la pendenza del due, del tre, del cinque, del sette ec. per cento. Quando la pendenza di un tratto non oltrepassa il tre circa per cento, il tratto dicesi in *falso piano*.

§. 85. La buona costituzione del profilo dipende dalla ragionata combinazione di tratti orizzontali, e di varia inclinazione, da cui risultino la comodità, l' economia, ed anche, per quanto può avervi parte, la bellezza della linea stradale. La giacitura orizzontale è senza dubbio la più conforme alla comodità; tuttavia una tenue inclinazione non le porta pregiudizio; e del rimanente questa dispone meglio la strada per lo scolo delle acque, e favorisce l' economia in quanto che esenta dal bisogno di cavar fossi laterali molto profondi, o di moltiplicare le chiaviche per la diversione delle acque. E d' altra parte convien persuadersi che in un lungo andamento di strada la giudiziosa alterazione dei tratti orizzontali, delle salite, e delle discese di moderata pendenza sia anche per un riflesso di comodo da anteporsi ad una costante giacitura orizzontale o in falso piano; attesochè tenendo in esercizio ed in riposo alternativo diversi muscoli della macchina animale, rende le bestie adoperate nel tiro delle vetture capaci di resistere ad un più lungo cammino giornaliero.

§. 86. I tratti inclinati divengono gradatamente più incomodi e nella salita e nella discesa col crescere della pendenza e della lunghezza. Finchè la prima non oltrepassa la ragione del cinque per cento, e la seconda non è molto estesa, l' esperienza ha fatto conoscere, che i cavalli delle vetture possono mantenere il trotto senza stento nella salita, e senza pericolo nella discesa, quantunque si ommetta di fermare una delle ruote. Quindi il cinque per cento generalmente si stabilisce come limite di comodo per le pendenze longitudinali delle strade, e di economia insieme, atteso il già indicato vantaggio di esentare le vetture dal bisogno di fermare la ruota nella discesa con la scarpa, e quindi la strada da quelle profonde solcature, e da quel maggior consumo di materiale, che sono necessari effetti della scarpa, specialmente sotto i veicoli molto pesanti. Tuttavia fino al sette per cento l' incomodo delle pendenze longitudinali è tollerabile, molto più se sono brevi; ma non dispensa dall' uso della scarpa nelle discese. Egli è questo l' estremo limite d' inclinazione a cui si può giugnere quando le circostanze non consentono di stare al cinque per cento senza incorrere in qualche altro inconveniente, o senza esporsi al bisogno di lavori eccessivamente dispendiosi. Oltre quest' ultimo limite l' incomodo dei tratti inclinati riesce troppo grave, tanto per la salita quanto per la discesa; e non va disgiunto dal pericolo di disgrazie nel caso di caduta di qualche cavallo, o di qualche altro sinistro accidente, siccome se ne sono avuti funesti esempi nelle mal condizionate strade costrutte in addietro; ove, o per soverchio desiderio di brevità, o per la smania inopportuna di passare per qualche castello, o per una male applicata vista di economia si è forzata l' inclinazione di qualche tratto, oltre il sette, perfino al quindici, al venti e anche più per cento. Ora non solo le leggi amministrative di tutti i savi Governi proibiscono che si oltre-

passi il detto limite di pendenza nelle nuove strade; ma si fa dovunque ogni sforzo per correggere o deviare le strade vecchie, ove per qualche tratto soverchiamente inclinato riescono gravemente incomode e pericolose.

§. 87. I tratti inclinati, quand' anche non sieno in pendenza maggiore del cinque per cento, stancano a lungo andare le bestie da tiro; onde ne viene che quando la salita è di qualche miglio non possono conservare il trotto, ed abbisognano talvolta anche dell' aiuto di bovi o di altri cavalli presi a bella posta; e che quando la discesa è molto lunga non può farsi assolutamente a meno dell' uso della scarpa. Vuolsi perciò evitare, per quanto è possibile, la continuità delle salite e delle discese quantunque dolci, procurando d' interpolarle con tratti orizzontali o in falso piano, che dieno campo alle bestie di prender fiato; quando anche per ottener ciò debbasi alcun poco accrescere la pendenza dei tratti inclinati. E sarà anche opportuno di regolare le pendenze in modo che diminuiscano andando in alto, onde vengasi minorando la fatica agli animali, di mano in mano che vanno scemando le loro forze col lungo tirare in salita.

§. 88. L' economia richiede che venga adottato un sistema di tratti orizzontali e di tratti inclinati tale, che soddisfacendo alle accennate condizioni di comodo, e secondando un andamento ben costituito, riduca alla quantità minima il volume dei tagli e dei movimenti di terra. Questa condizione d' economia resta pienamente adempita le quante volte può ottenersi che il profilo della linea stradale si confonda col profilo naturale del terreno sul fissato andamento, senza contravvenire alle leggi della solidità e del comodo. Ma ben di rado è convenientemente ottenibile l' indicata coincidenza; e bisogna per lo più contentarsi di far sì che i due profili si discostino l' uno dall' altro meno che sia possibile, compatibilmente con la solidità, e segnatamente col comodo della strada.

§. 89. Non solo per soddisfazione dell' occhio, ma ben anche per viste di vigilanza e di sicurezza si prescrive, che i tratti d' immediato accesso alla città debbano avere una giacitura costante, almeno per duecento metri nelle strade secondarie, e per la lunghezza di metri seicento nelle strade di prima classe; e che per gli stessi motivi, in uguali lunghezze almeno, le strade debbano essere condotte a rettifilo ad imboccare nelle porte della città.

§. 90. Siamo ora a portata di dare un' idea del modo pratico di procedere alla determinazione dell' andamento topografico e del profilo longitudinale di livellazione pel regolare sviluppo d' una nuova linea stradale. In pianura, come fu già avvertito (§. 83), l' operazione non presenta molta difficoltà. È d' uopo primieramente di avere una mappa esatta del paese fra i dati due termini della nuova strada. Si segna nella mappa una linea retta tirata dall' uno all' altro dei dati due estremi, e si osserva quali sieno le circostanze del paese lungo l' andamento di questa linea, onde giudicare se possa convenire alla nuova strada un andamento topografico, che prossimamente coincida con la segnata linea. Nel caso che tale andamento non si riconosca confacente alle condizioni essenziali della solidità, del comodo e dell' economia, sia perchè venga attraversato da qualche ramificazione delle laterali catene di monti, sia perchè vada ad internarsi in qualche seno di mare, in qualche stagno, o in qualche palude, si vuol considerare con quali inflessioni divenga necessario di sviluppare l' andamento, onde fargli scansare l' incontro dei frapposti ostacoli o siti svantaggiosi; e quindi con que-

sta vista si segnerà sulla carta a discrezione un andamento lineare il più breve possibile fra gli estremi, conducendolo a passare per le città o altri luoghi adiacenti, che possano interessare, o per l'utilità del commercio o pel comodo delle fermate. Fissato così l'andamento approssimativo a tavolino, si passa a farne la precisa e definitiva determinazione in campagna, scegliendo tratto per tratto le linee più brevi e meno irregolari che sia possibile, i fondi più solidi e più asciutti, avendo in vista la vicinanza di buoni materiali, e la solida ed economica scelta dei punti pel passaggio dei fiumi e dei canali. I punti che si vanno di mano in mano segnando sul terreno con picchetti, e con biffe o paline si prendono in pianta, e se ne fa la livellazione, accompagnata dal rilievo di sufficiente numero di sezioni o profili trasversali del terreno. Restano così determinanti in carta ed in campagna l'andamento ed il profilo della nuova linea stradale, quest'ultimo venendo dato dalla naturale giacitura del terreno, salvo qualche piccola modificazione, che può venir richiesta da accidentali circostanze. Le sezioni rilevate servono a stabilire le operazioni da farsi per la formazione della strada nei singoli punti, mediante il disegno, che dovrà farsi sopra ciascuna di esse del profilo trasversale della strada a norma di quanto si dirà in appresso.

§. 91. Un processo più lungo, e più malagevole di operazioni abbisogna per le strade di montagna, in cui l'andamento topografico deve principalmente essere subordinato alla buona costituzione del profilo longitudinale.

Prendasi sott'occhio una mappa accurata del paese, in cui sieno rappresentate non solo le situazioni topografiche dei luoghi, ma tutti i variati accidenti del terreno; e si segni sopra di essa una retta dall'uno all'altro dei dati estremi. Si scorge con una prima occhiata quali luoghi abitati esistono nelle adiacenze di questa linea, per i quali potesse interessare e convenire di far passare la nuova strada; e quali sono le grandi vicende del terreno lungo questa linea dipendenti dalle direzioni delle catene dei monti, e delle vallate. E si forma quindi un primo disegno approssimativo dell'andamento da tenersi, intendendo a passare pel maggior numero possibile di luoghi abitati, ad evitare i punti più elevati nelle creste dei monti, e i più bassi nel fondo delle vallate, e a rendere meno frequenti e meno sensibili le vicende del profilo longitudinale del terreno sulla linea prescelta. Nè si deve omettere di esaminare se con diverse linee, sviluppate in vario modo, possa soddisfarsi alle condizioni essenziali, per quanto può permetterlo il più attento studio della carta topografica. Dopo questo esame fatto a tavolino, si passa in campagna, e primieramente si fa la livellazione a grandi tratti di ciascuna delle diverse linee immaginate, modificandone l'andamento a norma delle circostanze che si verranno scoprendo dalle locali osservazioni. A compiere speditamente tali livellazioni può giovare l'uso di quel livello che chiamasi *eclimetro*, in cui l'angolo variabile che la linea visuale o di *mira* fa con l'orizzontale può misurarsi ad ogni battuta mediante un opportuno meccanismo inerente all'istrumento. Ed anche con maggiore speditezza può ottenersi l'intento servendosi della livellazione barometrica, poichè questa prima operazione deve farsi, come si è detto, a grandi tratti, e non ha altro oggetto, che di far conoscere le altezze rispettive dei punti più elevati e dei punti più bassi del terreno sull'andamento divisato; i quali determinano le principali vicende del profilo longitudinale. Questa medesima ope-

razione non sarebbe necessaria le quante volte la mappa del paese fosse rilevata e disegnata per sezioni orizzontali secondo i metodi conosciuti nella moderna geodesia, ed il profilo a grandi tratti di ciascuno dei divisati andamenti potrà in tal caso aversi senza ulteriore operazione di campagna, ricavandosi dalla medesima carta topografica; e non occorrerebbe che di rettificarlo in campagna in riguardo a quelle più minute circostanze di vario genere, che non possono essere indicate dalla mappa.

§. 92. Avendo fissate le posizioni topografiche e le altezze di livello di alcuni principali punti del terreno destinati a cadere sull' andamento della linea stradale, e diviso così l' andamento topografico in tratti parziali dall' uno all' altro di tali punti, rimane da terminarsi il progetto col parziale sviluppo dell' andamento e del profilo di ciascun tratto. A tale effetto si misura la distanza orizzontale dei due punti che costituiscono i termini del tratto che si vuole sviluppare, e si nota pure la distanza verticale fra i punti medesimi, o sia la differenza fra le rispettive altezze di livello. Se la distanza verticale sta alla orizzontale in una ragione non maggiore di cinque a cento, potrà l' andamento parziale del tratto svolgersi sulla costa naturale del terreno, senza che la pendenza longitudinale del profilo stradale arrivi al cinque per cento. Perciò sulla costa medesima si segnerà con picchetti numerati una linea che proceda dall' uno all' altro dei punti estremi con una inclinazione presso a poco costante, facendone insieme la pianta, e la livellazione longitudinale, e prendendo frequenti sezioni trasversali che facciano conoscere per una sufficiente estensione e di sopra e di sotto la giacitura della costa. La pianta di questa linea fisserà l'andamento approssimativo del tratto, il quale si rettificherà in appresso sulla carta topografica, modificandone lo sviluppo, secondo che dal confronto delle sezioni col profilo si conoscerà necessario per rendere uniforme la pendenza, o per mettere sotto più vantaggiosa costruzione il profilo longitudinale a norma delle già stabilite leggi (§. 85 e seg.) di solidità, di comodo e di economia. L'andamento in tal modo rettificato in carta, si segna definitivamente sul terreno con picchetti numerati e distinti dagli altri.

§. 93. Se poi la lunghezza del tratto e l'elevazione rispettiva dei due punti estremi sieno tali che la ragione di questa a quella superi il cinque per cento, bisogna tentare se sviluppando in modo regolare l'andamento per la costa, possa stabilirsi una linea, di cui il profilo longitudinale non abbia inclinazione maggiore del cinque, o al più, se il tratto non è molto lungo, del sette (§. 86) per cento. Quando ciò possa riuscire, non si ha che da procedere secondo le norme accennate nel paragrafo antecedente. In caso diverso è forza ricorrere ad espedienti di ripiego onde conseguire la comodità del profilo anche con sacrificio dell' economia. I ripieghi possono essere vari; e la loro applicazione resta tutta affidata al sano criterio ed all' esperienza dell' Ingegnere incaricato del progetto. I ponti gettati attraverso le vallate onde sollevarsi sul loro fondo; i tagli o aperture trasversali fatte sulle creste dei monti onde scemarne la naturale elevazione: i trafori scavati nelle viscere delle montagne affine di evitare il bisogno di ascendere sulle loro cime; gli andamenti sviluppati a *zig-zag* onde aumentare la lunghezza di qualche tratto naturalmente troppo breve in confronto della sua altezza, sono tutti espedienti che, quando siano ben appropriati alle circostanze, possono felicemente riuscire. Ma la sensata applicazione di tali straordinari

temperamenti può più facilmente comprendersi dai buoni esempi, che qua e là se ne hanno sulle antiche e sulle moderne strade, che da tutte le possibili considerazioni fatte semplicemente in astratto.

§. 94. Per tal modo col parziale sviluppo di ciascun tratto si compie il progetto di ognuna delle divisate linee per l'andamento di una nuova strada. Il confronto dei diversi progetti sotto tutti i rapporti di solidità, di comodo e di economia fa conoscere quale sia preferibile, e determina la scelta, che in parità delle altre condizioni si deve far dipendere dalle viste di maggior regolarità ed amenità. E tutto ciò che si è fin qui esposto vale tanto pel caso dell' apertura di una nuova strada, quanto per quello in cui si abbia da correggere una strada già esistente con la parziale deviazione di qualche tratto. Invero sarebbe stato desiderabile di trattare questo argomento con qualche maggiore estensione; tuttavia nei brevi cenni generali premessi si è procurato di non ommettere nulla di essenziale per quel che sia le massime fondamentali, e la sostanza del metodo da tenersi; il che è quanto si poteva concedere dalla necessità di non oltrepassare i limiti propri di un' opera quale è la presente, destinata soltanto al metodico elementare insegnamento dei principii e delle regole fondamentali dell' arte.

CAPO VII.

FORMA, STRUTTURA, ED ALTRE PERTINENZE DELLE STRADE

§. 95. Fin qui la strada non si è considerata che come una semplice linea determinata in tutta la sua estensione per mezzo dell' andamento topografico e del profilo longitudinale. La strada prende forma e larghezza sopra di quella linea per la riduzione delle sezioni o dei profili trasversali. Le sezioni rilevate (§. 92) del terreno lungo il divisato andamento divengono le sezioni del progetto col segnare sopra ciascuna il profilo trasversale della strada come già fatta; e dimostrano insieme la figura e le dimensioni della strada a luogo a luogo, e le forme e le dimensioni dei tagli e dei riporti da farsi per la riduzione del terreno.

§. 96. Nel profilo trasversale di una strada sono da considerarsi distintamente.

1.° La larghezza propria della strada.
2.° La configurazione della linea superiore del profilo.
3.° Le condizioni delle linee laterali.

La larghezza della strada dev' essere corrispondente al bisogno del comodo e sicuro corso delle vetture e dei pedoni; la configurazione superiore deve tendere a facilitare lo scolo delle acque pluviali, onde non si arrestino sulla superficie della strada; le condizioni delle linee laterali debbono insieme servire alla inalterabilità delle sponde, ed al regolare scarico delle acque, che discendono dalla superficie stradale.

§. 97. Ordinariamente la larghezza delle strade è distinta in tre parti. Quella di mezzo specialmente destinata al corso delle vetture, e a tal fine adattata con una solida materiale struttura, dicesi *carreggiata*, ed anche *partita*. Le due parti laterali meno battute dalle vetture, e particolarmente assegnate al transito dei pedoni, sono per lo più di semplice terra e diconsi *margini*, *fianchi*, *fiancheggiature*, o *marciapiedi*.

La larghezza d' una strada vuol essere proporzionata al verisimile concorso di vetture, di bestiami, di gente a piedi e a cavallo, di convogli militari, a cui potrà essere soggetta dipendentemente dalle relazioni politiche, commerciali, e civili degli Stati e dei paesi, alle comunicazioni dei quali essa serve. D' ordinario a ciò provvedono i pubblici regolamenti, fissando i limiti delle larghezze per le pubbliche strade a seconda del rispettivo grado d' importanza. Nello stato romano le strade sono distinte in *nazionali* e *provinciali*, non contando le comunali e le consorziali, le quali non sono comprese nelle disposizioni disciplinali, e vengono regolate a senno degli Ingegneri, e a beneplacito delle Amministrazioni da cui dipendono. Alle strade nazionali in pianura è fissata la larghezza di m. 11; la carreggiata può essere larga da 5 ad 8 metri; il resto, metà per ciascheduna, alle fiancheggiature. Le strade provinciali di pianura debbono essere larghe fra 5 e 7 metri secondo il minore o maggior bisogno. Indistintamente poi per le strade di montagna, a qualunque delle due classi appartengano, è prescritto che la larghezza non abbia ad essere maggiore di m. 5, 5, nè minore di m. 4: quantunque si permetta di ridurre anche in qualche tratto parziale la larghezza della strada a soli tre metri in vista di qualche ostacolo insuperabile, o a scanso di eccessiva spesa; a condizione però che ciò non succeda sulle risvolte, e che di tanto in tanto, e a vista l' una dell' altra, si formino delle piazzette più larghe, ove possa succedere senza pericolo l' incontro o il *ricambio* delle vetture. Per altro queste prescrizioni non sono poi assolutamente impreteribili, e non è raro il caso che particolari circostanze inducano gl' Ingegneri a proporre, ed il Governo ad approvare sopra giustificati motivi, che nell' adattamento di qualche strada si receda, in quanto alla larghezza, dalle prefate generali disposizioni.

§. 98. Pel pronto scolo delle acque pluviali è necessario che la superficie di una strada sia inclinata verso uno o verso entrambi i lati. Nel primo caso si ha la superficie in piano inclinato, e la strada dicesi *a tetto*; nel secondo si ha una superficie convessa e dicesi *a schiena*. Talvolta anche una strada può essere inclinata da entrambi i lati verso il mezzo, il che però non accade che dentro le città, o sia fra i *caseggiati*, ed allora la superficie dicesi a *culla*. La forma a tetto non può essere adattata che per le strade di montagna di poca larghezza, ove per impedire le alterazioni del ciglio esterno o del greppo inferiore torna conto d' invitare le acque a scorrere appiè del greppo superiore, per deviarle quindi opportunamente verso qualche punto di scarico. Ma per le larghe strade di pianura non si deve abbandonare la forma a schiena, siccome la più favorevole a render pronto e placido lo scolo delle acque sulla superficie stradale.

§. 99. Potrebbe forse sembrare inutile l' inclinazione trasversale nelle strade di montagna, ove la pendenza longitudinale non permette alle acque di arrestarsi sulla superficie della strada, e le richiama ai punti più bassi, ove potrebbero essere raccolte e deviate. Riflettendo però che le acque nel discendere aumenterebbero progressivamente di corpo e di velocità, si comprende che non solo diverrebbero un oggetto di grave incomodo ai transitanti, ma esporrebbero la superficie stradale ad essere corrosa ed alterata. Quindi si deduce essere anzi necessario d' impedire questo dannoso corso longitudinale delle acque sopra una strada, richiamandole verso i lati mediante un' opportuna inclinazione trasversale.

§. 100. L' inclinazione trasversale delle strade vuol essere determinata in modo, che serva al pronto scolo delle acque senza mettere in forse la sicurezza delle vetture. L' esperienza ha dimostrato che affinchè le vetture non corrano pericolo di perdere l' equilibrio per la soverchia pendenza laterale della strada, è necessario che questa pendenza non sia maggiore del 13 circa per cento. Quindi al di sotto di questo limite massimo si fissano le inclinazioni trasversali d' una strada maggiori o minori a seconda della materiale struttura, come si vedrà in appresso; potendosi perfino ridurre al tenuissimo saggio del 0,8 per 100, secondo il nuovo sistema di struttura recentemente adottato nell' Inghilterra, di cui non lascieremo di parlare a luogo opportuno.

§. 101. Quantunque (§. 99) sia indispensabile l' inclinazione laterale anche in que' tratti di strada, che hanno una pendenza longitudinale, tuttavia può in questi la pendenza laterale stabilirsi minore di quella che si assegna ai tratti orizzontali in parità di struttura. Diffatti se un tratto di strada è costituito in salita o in discesa, e la sua superficie è stabilita sotto un certo grado d' inclinazione laterale, egli è fuor di dubbio che le acque in qualunque punto del piano inclinato, saranno dalla gravità spinte a discendere per la linea di massima pendenza, la cui direzione non è nè parallela nè perpendicolare all' andamento topografico, e può geometricamente determinarsi; e quindi lo scolo sarà felice qualora questa linea di massima pendenza riesca tanto inclinata quanto dovrebbe esserlo per la felicità dello scolo la linea superiore del profilo trasversale, se fosse orizzontale la giacitura longitudinale della strada. Laonde la giusta pendenza laterale da assegnarsi alla superficie stradale sarà quella, per cui la linea della massima pendenza risulta dell' accennata inclinazione necessaria pel pronto scolo dell' acque nei tratti orizzontali; e potrà determinarsi col seguente processo analitico.

§. 102. Sia A B (fig. 11) il profilo trasversale della superficie di una strada a tetto, ovvero il semiprofilo trasversale della superficie di una strada a schiena: e sia A C la sua proiezione sopra un piano orizzontale, che passa per l' estremo inferiore A del profilo. Sia di più A C X Z la proiezione sul medesimo piano orizzontale di un tronco stradale, che ha principio dalla sezione A B, e che si suppone in discesa, come lo dimostra il profilo longitudinale B E. Sarà A E l' intersezione del piano orizzontale, ed in questo pel punto C si tiri la linea C D perpendicolare ad A E. È manifesto che sarà questa la proiezione della linea di massima pendenza.

Facciasi la pendenza longitudinale o sia il rapporto B C : C E :: h: 100, e pongasi la pendenza laterale o sia il rapporto B C : C A :: x: 100; e sia C A $= a$. Può agevolmente conoscersi che l' angolo D C E, il quale determina la direzione della linea di massima pendenza ha per tangente $\frac{x}{h}$; che l' inclinazione della medesima linea, o sia il rapporto B C : D C :: $\sqrt{(h^2 + x^2)}$: 100; e che la lunghezza orizzontale C O della linea di scolo per una massa d' acqua supposta nel punto B sarà $= \frac{a \sqrt{(h^2 + x^2)}}{x}$. Or dunque per le cose già dette se suppongasi del k per 100 la pendenza laterale che competerebbe alla strada se il suo profilo per lungo fosse orizzontale, e si faccia $k = \sqrt{(h^2 + x^2)}$, si avrà $x = \sqrt{(k^2 - h^2)}$; e sarà questo valore

di x, che fisserà la pendenza laterale da adottarsi affinchè la linea di pendenza massima abbia il k per 100. Posto tale valore di x, risultano tang. $DCE = \frac{\sqrt{(k^2-h^2)}}{h}$ e $CO = \frac{ak}{\sqrt{(k^2-h^2)}}$

§. 103. Questi analitici risultati fanno conoscere:

1.° Che il valore di x è immaginario quando $h > k$; e quindi che la pendenza laterale non può essere diminuita se non che in quelle salite o in quelle discese che sono inclinate in un rapporto minore della stessa laterale pendenza.

2.° Che quando h è pochissimo minore di k sarebbe dannoso di scemare la pendenza laterale a norma del determinato valore di x, attesochè l'angolo DCE divenendo acutissimo, la direzione della linea di massima pendenza poco divergerebbe dall'andamento topografico, e le acque scenderebbero verso i lati scorrendo per lungo tratto sulla superficie stradale, onde si anderebbe incontro a quei medesimi inconvenienti, che furono già indicati (§. 99).

Qualora dunque k sia bensì maggiore, ma pochissimo di h, non sarà permessa la totale diminuzione testè determinata; ma bisognerà contentarsi di dare ad x qualche valore intermedio fra k e $\sqrt{(k^2-h^2)}$, il quale renda non soverchiamente lunga la linea CO, o sia la lunghezza del corso dell' acqua sulla superficie della strada.

§. 104. Si può stabilire che per l' indennità della strada non abbia a riuscire la linea CO dello scolo maggiore di $2a$. Tale condizione si avrà così espressa $\frac{ak}{\sqrt{(k^2-h^2)}} < 2a$; la quale rimane adempita quando sia $h < \frac{k\sqrt{3}}{2}$. Si vede pertanto che qualora sussista questa relazione fra h e k potrà la pendenza laterale essere ridotta al $\sqrt{(k^2-h^2)}$ per 100, che sarà sempre minore del $\frac{k}{2}$ per 100. Così, per esempio, se la pendenza laterale dei tratti orizzontali fosse fissata di $\frac{1}{18}$ o sia del 5,5 per 100, l'indicata riduzione potrà effettuarsi in tutti quei tratti nei quali $h < 4{,}75$, o sia nei quali la pendenza longitudinale non supera il 4,75 per 100. Per quei tratti poi nei quali fosse $h > \frac{k\sqrt{3}}{2}$ si dovrebbe determinare x in modo che CO riuscisse minore di $2a$, o sia $\frac{a\sqrt{(h^2+x^2)}}{x} < 2a$; per cui si avrebbe $x > \frac{h}{\sqrt{3}}$, e quindi molto più $x > \frac{k}{2}$ e $\sqrt{(h^2+x^2)} > k$. Onde per tali tratti la riduzione della pendenza laterale potrà generalmente fissarsi al $\frac{k}{2}$ per 100.

§. 105. Non solo la pendenza laterale non può essere diminuita in quei tratti nei quali $h > k$, ma dovrebbe anzi a rigore aumentarsi, affinchè le acque non abbiano a scolare per una linea soverchiamente lunga. Continuando a ritenere che non debba essere $CO > 2a$ si torna ad avere $x > \frac{h}{\sqrt{3}}$; e quindi si rileva, che nei tratti di salita o di discesa la pendenza laterale non può esser minore di $\frac{h}{\sqrt{3}}$ o sia di $0{,}58\,h$. Così nei tratti che hanno la

pendenza longitudinale del 3 per 100 non potrà la pendenza laterale esser minore del 1,74 per 100, in quelli inclinati del 5 per 100 non potrà esser minore del 1,90 per 100, ed in quelli che hanno l' inclinazione del 7 per 100, non potrà esser minore del 4,06 per 100.

§. 106. Dopo di aver stabilito quali debbano essere la larghezza, la forma e la pendenza laterale della superficie di una strada, facilmente se ne può disegnare il profilo trasversale sulle diverse sezioni già rilevate (§. 90, 92) nella generale livellazione della divisata linea. Pel complesso delle premesse operazioni grafiche è dato sopra ciascuna sezione un punto appartenente al profilo longitudinale, o vogliam dire alla linea stradale. Sia A (fig. 12) questo punto in una delle sezioni, e si conduca per esso una orizzontale X Z. Se ne prendano al di qua e al di là del punto A i due segmenti uguali A B, A C, la somma dei quali sia uguale alla stabilita larghezza della strada. Se questa dev' esser formata a tetto, il declivio trasversale dovrà essere verso il punto B (§. 98); e quindi eretta per l' opposto estremo C della larghezza una verticale, e presa su di questa un'altezza CD che sia alla larghezza CB nel rapporto della fissata pendenza laterale, conducendo la retta B D, rappresenterà questa il profilo della superficie stradale.

Se poi la superficie della strada debba essere configurata a schiena, si ottiene il disegno del profilo con la seguente costruzione. Pel punto di mezzo A (fig. 13) della segnata larghezza B C si conduca la verticale D G, e si segni il punto D, in modo che stia A D ad A B nella ragione stabilita per la laterale pendenza; e quindi si conducano le rette D B, D C. Costituiscono queste un profilo a schiena; ma l'angolo superiore renderebbe il profilo instabile, difettoso ed incomodo, e quindi giova di correggerlo col sostituirvi un arco circolare convesso. Si prendano sulla larghezza i punti E, F equidistanti dal mezzo A, in modo che l' interposta distanza E F sia uguale alla larghezza che vuolsi assegnare alla carreggiata (§. 97). Conducendo per tali punti le verticali E M, F N, che tagliano in M, ed in N i due lati del profilo, e quindi per i punti M, D, N facendo passare un arco di circolo, questo costituirà il profilo superficiale della carreggiata, mentre le due rette M B, N C daranno il profilo delle laterali fiancheggiature.

§. 107. In proposito del profilo trasversale rimane a dirsi della configurazione delle linee laterali, che determinano le forme a cui il terreno dovrà essere ridotto al di qua e al di là della strada. Primieramente è necessario che la strada sia fiancheggiata da fossi in cui possano raccogliersi le acque pluviali, che scolano dalla superficie stradale. Questi fossi diconsi *fossi portatori*, ed anche *fossi di guardia*, e traducono le acque raccolte ai bassi punti nei quali vengono divertite o liberamente, o per mezzo di altri fossi detti *scaricatori*, per i terreni laterali, d'onde fanno recapito agli opportuni recipienti. Ove la forma della strada è a tetto non occorre che un solo fosso laterale dalla parte del declivio; ove la strada è a schiena occorre generalmente un fosso per parte, se pure la strada non è in argine, ovvero sollevata da un lato sull' adiacente campagna; nei quali casi o saranno inutili entrambi i fossi, o ne sarà necessario uno soltanto. La profondità dei fossi portatori vien fissata, per mezzo della livellazione, in modo che il fondo abbia un costante declivio fra il punto più elevato del fosso ed il punto dello scarico. La larghezza della sezione vien regolata a seconda della quantità d'acqua che dovrà esser portata dal fosso nelle più dirotte e continuate

piogge, onde non abbia a temersi che per l' angustia del fosso la strada possa rimanere inondata dall' acqua, la quale va aumentando di volume di mano in mano che va procedendo verso lo scarico. Le sponde debbono avere una giusta scarpa (§. 3) confacente alla qualità del terreno. Giova di moltiplicare più che si può gli scarichi, onde non essere costretti ad aprire ampi fossi, e non avere accanto alla strada una grossa corrente, che potrebbe divenir perniciosa, specialmente nei tratti di molta pendenza longitudinale. E dove il declivio del fosso sia forte, ed il terreno capace di esser corroso, non deve omettersi di render minore il declivio, e quindi la velocità dell' acqua, per mezzo di ripari di muro o di legna stabiliti attraverso il fosso, che diconsi *briglie* ed anche *serre*; le quali dividendo il fosso in tronchi di giusta pendenza rallentano il corso dell' acqua, e mettono in salvo dalle corrosioni la sponda della strada.

§. 108. Le linee laterali del profilo trasversale debbono anche provvedere (§. 95) alla inalterabilità delle forme del terreno laterale, onde per dirupamenti o frane, che in esso potessero avvenire, non abbia mai a restar ingombrata o guasta la strada con incomodo, e con pericolo dei viandanti. Quindi, sia che nelle strade di pianura qualche tratto si debba elevare sul piano di campagna, sia che per le montagne o sovrasti alla strada o siale sottoposto un greppo, deve assicurarsi la stabilità delle sponde con la necessaria scarpa; e qualora le circostanze lo impedissero, o non lo permettessero che col sagrificio di eccedenti spese, dovrà supplirsi alla scarpa con la costruzione di robusti muri di rivestimento (§. 4).

§. 109. Proseguendo innanzi nell' ordine assunto (§. 74) passiamo a parlare della materiale struttura delle strade. E per materiale struttura non altro vogliamo intendere, che l' impiego opportuno di adattati materiali a rendere stabile nelle sue forme, ed in tutte le sue parti la strada. L' oggetto principale per questo rapporto è di render solida la superficie della strada, onde non abbia ad esser alterata dalle cause che su di essa agiscono, e che sono le acque, i piedi degli animali, e le ruote delle vetture.

§. 110. In punto di struttura e per l' oggetto testè indicato si debbono distinguere tre specie di strade, cioè:

1.ª Le strade *a terreno* che gli antichi chiamarono *terrenae*, e che sono formate per la semplice riduzione del fondo naturale a seconda del profilo trasversale, senza veruna aggiunta di materie estranee.

2.ª Le strade *inghiaiate* (*glareatae*) che sono ricoperte con uno strato di ghiaia, o di minuti sassi, o di qualche materiale vulcanico, o di arena.

3.ª Le strade *selciate* (*stratae*) che hanno alla superficie un pavimento di pietre, o semplicemente giacenti sopra un letto di arena, o anche talvolta posate in un letto di malta composta di calcina mescolata con l'arena, o con la pozzolana.

§. 111. Le antiche strade romane avevano la parte di mezzo, o sia la carreggiata, coperta di un pavimento formato di grandi massi poligoni di quella lava basaltina di cui sono frequenti e copiosi depositi naturali intorno a Roma, e che è comunemente nota sotto la denominazione di *selce*; ed i margini, ch' erano alquanto elevati con le loro superficie sopra quella della carreggiata, costrutti di ghiaia, o di semplice terra. In oggi si costruiscono le strade in diverso modo, adoprandosi le varie specie di struttura a seconda specialmente delle qualità dei materiali che le località somministrano.

Ordinariamente le strade sono selciate su tutta la larghezza entro la città, e gli altri luoghi abitati. Generalmente poi le strade fuori dell'abitato hanno i margini a terreno, e la carreggiata, o inghiaiata, o selciata. Nella Inghilterra, ed in qualche provincia meridionale della Francia, le strade sono inghiaiate su tutta la larghezza; generalmente però, in Italia e fuori d' Italia, è inghiaiata la sola parte di mezzo delle strade, meno che nelle anguste strade di montagna, nelle quali s' inghiaia quanto è larga la superficie. Le strade a terreno, generalmente parlando, non possono riuscire nè solide nè comode; e perciò non può esserne permesso l' uso che nell' assoluta deficienza di materiali adattati o per formare un' inghiaiata, o per costruire una selciata. Esse, come già si è notato, (§. 110) si costruiscono per mezzo della semplice riduzione del profilo trasversale; onde rigorosamente, piuttosto che una specie particolare di struttura, non si ha in esse che il caso di una strada senza struttura di sorte alcuna.

§. 112. L' inghiaiata consiste in uno strato di buon materiale collocato entro una fossa o *cassa* formata a bella posta nella sommità della strada; del quale la superficie è configurata a seconda della curvatura del profilo trasversale (§. 106). Le migliori inghiaiate sono quelle che sono composte di sassi, vale a dire di ghiaia, o di *pietrisco*. La ghiaia, che volgarmente vien chiamata anche *breccia*, o si ritrae dagli alvei dei torrenti, o si cava dal seno della terra qua e là, ove dalle fisiche vicende del globo è stata accumulata. Sotto il nome di pietrisco altro non si vuol intendere che l'aggregato di minuti frammenti lapidei prodotti da naturale o da artificiale frattura di qualunque sorta di pietre. In mancanza di ghiaia o di pietra si possono formare l' inghiaiate di arena, o di pozzolana, o di qualche altro materiale vulcanico: ma questi materiali per l' estrema loro minutezza e fragilità naturale rendono le strade incomode, e poco solide, onde non deve farsene uso che nei casi di reale necessità.

§. 113. L' inghiaiata per solito si estende in larghezza soltanto (§. 111) sulla carreggiata; e la sua altezza varia da met. 0,25 fino a met. 0,40. Entro tali due limiti, l' altezza dell' inghiaiata deve essere tanto maggiore, quanto maggiore il verisimile consumo di materiale, e quindi la diminuzione di altezza a cui annualmente sarà soggetta l' inghiaiata. Dovrà perciò fissarsene l' altezza dipendentemente dalla qualità e quantità delle vetture che frequenteranno la strada; dalla bontà del materiale, e dalla maggiore o minor larghezza della carreggiata. Essendo fissate la larghezza e l' altezza dell' inghiaiata, si dispone con tali dimensioni la forma o sia la cassa, regolando perciò opportunamente i tagli e i riporti di terra nel fare la riduzione del profilo trasversale. E deve avvertirsi, che acciò lo strato inghiaiato riesca di uniforme altezza, e non sia nel mezzo più alto che ai lati (il che farebbe aumentare senza verun vantaggio il quantitativo del materiale occorrente) giova di stabilire il fondo della cassa sotto una curvatura parallela a quella della superficie superiore della carreggiata, come sarà stata segnata nel profilo trasversale (§. 106). Onde il suo profilo verrà determinato da un arco circolare descritto col centro in G per i punti E, F (fig. 13).

§. 114. Si è detto che le migliori inghiaiate (§. 112) sono quelle che sono composte di ghiaia fluviatile o fossile, ovvero di pietrisco naturale o artificiale. Fra le ghiaie e fra le pietre avvene però delle più e delle meno adattate per l' inghiaiamento delle strade; ed avvene anche, le quali talora

sotto la più buona apparenza, riescono in fatto disadatte o perchè troppo facilmente alterabili, esposte che sieno all'umidità e alle gelate, o perchè dotate di troppo scarsa resistenza alla compressione; onde ben presto restano infrante, e si riducono in fango o in polvere. Per la qual cosa, quando si tratta di qualche materiale non ancora sperimentato, non dee restarsi paghi delle sole apparenze, nè ommettersi di fare tutte quelle prove che possono essere opportune a far conoscere la buona o cattiva qualità della pietra. Siccome poi la ghiaia ben di rado si ritrae pura dai torrenti e dalle cave, e quasi sempre è mescolata con terra o con arena, così addiviene per lo più necessario, e non dee trascurarsi, di depurarla, facendola passare per una ramata di ferro, ed anche lavandola, quando si abbia il comodo di farlo, a fine di spogliarla di ogni mistura di materie eterogenee.

§. 115. L' inghiaiata è per lo più divisa in due o tre strati di ghiaia o di pietrisco gradatamente più minuto. L' infimo strato, alto ordinariamente m. 0,20, è formato di grossi pezzi accomodati diligentemente a mano, in modo che si costipino e si assettino, avvertendo che ciascun pezzo sia posto a giacere sul fondo della forma con la sua faccia più ampia. Questo strato costituisce quasi il fondamento dell' inghiaiata; e comunemente dicesi la *massicciata*. Lo strato superiore, che può dirsi la *coperta*, e che il più delle volte piglia tutta la residuale altezza dell' inghiaiata (§. 113), è composto di ciottoli o di pietrelle grosse non più d' una noce ordinaria, e di peso non maggiore di once 7 romane, che prossimamente equivalgono a chilog. 0,2. Ed è ben interessante che si stia attaccati a questo limite di grossezza, e che si escludano o si sminuzzino i pezzi di maggior volume, i quali mal si uniscono nell' ammasso, vengono facilmente smossi dalle ruote delle vetture, e producono incomode scosse nel movimento dei veicoli. Da un' altra parte formando la coperta di ghiaia o di pietrisco troppo minuto si anderebbe incontro ad un altro inconveniente; cioè che le ruote v' imprimerebbero facilmente dei solchi o *rotaie*, le quali alterando la superficie della strada la renderebbero incomoda, e soggetta al ristagno delle acque. Quando poi la coperta si divide in due strati, può tollerarsi nello strato di sotto l' impiego di materie alcun poco più grosse dell' indicato limite, purchè ciascun pezzo non abbia un volume maggiore di quello, che nelle pietre usuali corrisponde al peso di circa chilog. 0,3.

La massicciata è utilissima nelle strade di cattivo fondo, ma fuori di questo caso è inutile: ed anzi si opina che possa essere più conveniente di ommetterla, e di formare tutta l' inghiaiata di un semplice strato omogeneo di ghiaia o di pietrisco, o al più di due strati, ponendo nel superiore del materiale minuto, e nell' inferiore del materiale un poco più grosso con quelle limitazioni rispettive di volume o di peso che si sono or ora fissate. È stato anche sperimentato con buon effetto, che sopra un fondo sodo può alla massicciata venir sostituito uno strato ben battuto di sabbia (1); e questo temperamento adottato con avvedutezza potrebbe molte volte divenire un oggetto di qualche importanza in punto d' economia.

§. 116. Formata a mano la massicciata, l' inghiaiamento superiore si eseguisce, gettando nella forma e distendendovi con la pala il materiale finchè sia ripiena, ed assestando la superficie superiore a seconda del divisato

(1) Bolognini — *Memorie pratiche per gli assistenti ai lavori d'acque e strade.* Reggio 1806.

profilo trasversale, mediante un rastrello a denti di ferro. Nè in diverso modo si costruiscono le inghiaiate di arena o di materie vulcaniche. Se non che non si vuol trascurare, adoperando tali materiali nell' inghiaiamento di qualche strada, di venirli stendendo a strati regolari e uniformi dell' altezza di otto in dieci centimetri, e di battere diligentemente ciascuno strato, affinchè la materia si comprima e prenda tutto quello assodamento di cui è capace. Ed è interessante di riserbare la costruzione delle inghiaiate, e molto più quando sono composte d' arena o di materie vulcaniche, alle stagioni piovose, perchè la pioggia corregge la naturale aridità dei materiali, e ne facilita l' assodamento. Con questa vista, per consenso dei Pratici, e per disposizione dei pubblici regolamenti, lo spandimento del materiale, sia nella costruzione, sia nelle riparazioni delle inghiaiate, è stabilito che debba eseguirsi nei soli mesi piovosi, che sono l' aprile nella primavera, l' ottobre e il novembre nell' autunno.

§. 117. Si pretende che presentemente la costruzione delle inghiaiate sia portata all' ultimo grado di perfezionamento nelle strade inglesi. Il decantato sistema di Mac-Adam, sebbene fondato sopra principii i quali non sono nè nuovi nè certi, e costituito da un complesso di pratiche già conosciute nell' arte, siccome fu ragionevolmente avvertito da un dotto Ingegnere francese(1), ha tuttavia il merito di aver dato impulso ad una riforma ordinata dal Parlamento, a cui è dovuta l' attuale perfezione delle strade della Gran Brettagna. Tutto tende nel nuovo metodo inglese a far sì che l' inghiaiata si consolidi in guisa da poter assomigliarsi ad una massa omogenea, e per così dire inalterabile. Fu già indicato (§. 111) che nell' Inghilterra non si fa distinzione di struttura fra la carreggiata ed i margini, e che l' inghiaiata si estende su tutta la larghezza della strada. Ora ecco in che consiste il nuovo metodo di costruzione(2). Si apparecchia il materiale per la costruzione dell' inghiaiata, che può essere ghiaia fossile o fluviatile ben lavata, ovvero *pietrisco*. Si ha cura che la grossezza dei sassi sia uniforme ed uguale a quella di una noce ordinaria; volume, a cui nei limiti consueti della gravità specifica delle pietre solite ad essere adoperate, corrisponde il peso di circa chil. 0,2. Preparato il fondo, e ridotto alla configurazione stabilita pel profilo trasversale, si stende un primo strato di materia dell' altezza di tre pollici parigini, prossimamente m. 0,081, e questo si comprime per mezzo di un pesante cilindro di ferro, finchè sia costipato e ridotto a perfetto conguaglio. Allora si apre la strada, e si lascia libero il corso alle vetture, ed intanto si sta in attenzione a riparare di mano in mano le rotaie che si vanno formando, levandone il fango, raschiando i lati, e riponendovi nuovo materiale. Quando si conosce che questo primo strato si è bene assodato, e che non vi si formano più rotaie, si viene alla costruzione di un secondo strato alto due pollici, o sia m. 0,054, e questo ancora si batte, si espone al transito delle vetture, e si lascia consolidare come il primo; dopo di che col medesimo metodo si vengono soprapponendo altri strati ugualmente alti, finchè abbiasi un' inghiaiata dell' altezza di 10 pollici, o sia prossimamente m. 0,27, che è quanto basta.

§. 118. Dall' anno 1815 al 1823 furono rinnovate nell' Inghilterra a se-

(1) Cordier — *Essais sur la construction des routes* ec. Tome 1 — Lille 1823.
(2) Byerley — *Sur les routes anglaises appellées routes de Mac-Adam*. Paris 1824.

conda nel nuovo metodo oltre a mille leghe di strade con la più soddisfacente riuscita. Dai concordi ragguagli che su questo particolare si trovano ripetuti in molti giornali, ed in varie opere tecniche, sulle quali non può cader sospetto di prevenzione, si raccoglie 1.° Che le strade inglesi costrutte nella nuova foggia si mantengono sempre buone di qualunque materiale sieno formate, vale a dire di qualunque sorta di pietre fra quelle di cui è solito farsi uso. 2.° Che la nuova struttura costa meno delle altre in prima usate; e ciò tanto per la primitiva costruzione, quanto per la progressiva manutenzione delle strade. 3.° Che i trasporti sono tirati sulle nuove strade con minor forza e con maggior velocità che sulle strade diversamente costrutte; essendosi provato per esperienza che su quelle bastano tre cavalli a trascinare con maggior celerità quel carico per cui sulle altre ne abbisognano quattro. 4.° Finalmente che anche un vantaggio accessorio, ma pur valutabile ha recato allo Stato il nuovo sistema, per aver aperto l'adito ad impiegare la classe più indigente della popolazione, ed in particolare i vecchi, le donne e i fanciulli allo spezzamento delle pietre; esercizio sedentario e poco laborioso, che non è superiore alle forze anche dei più deboli individui.

§. 119. Passiamo alla struttura delle strade selciate. Nelle strade romane antiche (§. 111) le selciate erano composte di grandi massi di lava basaltina, ciascuno dei quali aveva la faccia superiore di figura poligona irregolare, onde ne risultava un pavimento d'opera incerta non dissimile da quella delle così dette muraglie ciclopiche. Questi massi erano posati a secco sopra uno strato di ghiaia, e accomodati l'uno presso l'altro con la più scrupolosa cura, a fine di ottenere la più esatta corrispondenza dei lati e degli angoli, e la più precisa connessione dei massi. Sembra che soltanto all'accurata preparazione del fondo, e del predetto strato di ghiaia, alla grandezza dei massi, ed alla perfetta loro connessione dovesse attribuirsi la solidissima riuscita di quelle selciate, dappoichè nelle demolizioni di varie strade antiche accadute sotto l'occhio di attenti Ingegneri, e segnatamente negli scavi che fece fare sotto la via Appia nelle Paludi Pontine il dotto cavaliere Scaccia Ispettore d'acque e strade (1), non è apparso vestigio alcuno di quegli strati di varia struttura, che conforme gl'insegnamenti di Vitruvio (2) si formavano sotto i pavimenti delle fabbriche civili, e che molti archeologi ed architetti avevano supposto avessero luogo anche nella costruzione delle antiche strade. Del resto cotesta sorta di selciate, che ben si addiceva alle circostanze di una nazione, a cui la mano d'opera nulla costava, atteso l'impiego delle legioni e degli schiavi, e presso la quale non si conosceva l'uso che di leggeri e rari veicoli, riuscirebbe a questi giorni dispendiosissima nell'esecuzione, incomoda ed anche pericolosa, segnatamente nelle salite, ai nostri gravi veicoli; nè potrebbe ripromettere quella diuturnità che le era propria in altri tempi, in vista delle alterazioni che dovrebbero inevitabilmente generarvi nella superficie la pressione e l'attrito delle ruote sotto gli smoderati carichi delle vetture che frequentano le odierne strade.

§. 120. Le moderne selciate sono composte o di ciottoli naturali, o di pietre ridotte a figura e dimensioni uniformi; e si costruiscono o *a secco*,

(1) De Prony — *Description hydrographique et historique des marais pontins* — Paris 1822, pag. XXIII, nota 1.

(2) *De Architectura*. Lib. VII, cap. I.

vale a dire semplicemente posate sopra un letto d' arena, o *in calce*, cioè murate con una malta di calcina e di arena. In generale la buona riuscita delle selciate dipende:

1.° Dalla qualità della pietra.
2.° Dalla figura e dalla grandezza dei pezzi.
3.° Dalla costruzione.

§. 121. Sono pietre adattate alla formazione delle selciate quelle che non sono soggette ad alterarsi per le intemperie e per le gelate; che sono dure ed omogenee per poter resistere alla pressione delle ruote delle vetture, e ai colpi dei piedi ferrati degli animali; purchè però non sieno d' un' eccessiva durezza combinata con una grana troppo fina, per cui abbiano ad offerire al piede degli animali una superficie oltremodo levigata sulla quale sieno in pericolo di sdrucciolare. Le arenarie dure sono generalmente dotate di tali proprietà, e riescono ottime per le selciate; e di tali pietre si fa uso per selciare le strade in diverse province dello Stato Romano. Alcune specie di graniti e di porfidi possono pure adoperarsi con buona riuscita; come se ne ha esempio nella provincia ferrarese, in cui le selciate si costruiscono di ciottoli granitici e porfirici provenienti dalle campagne veronesi. Alcune specie di lave sono anche adattate, e fra queste la lava basaltina di Roma, di cui si valsero gli antichi (§. 119), e che anche al presente s' impiega per tutte le strade della capitale e de' suoi dintorni.

§. 122. Riescono più facili a costruirsi, e di struttura più regolare e più stabile le selciate composte di pietre ridotte a grandezza e figura uniforme, di quelle formate con ciottoli naturali, per quanto si abbia cura di scartare fra questi i più irregolari, e di sceglierli tutti presso a poco della stessa grandezza, e più somiglianti fra loro che sia possibile nella forma. La figura cuneiforme delle pietre, o sia per meglio dire la piramidale tronca, è la più confacente; perchè meglio d' ogni altra si adatta alla configurazione curva del profilo trasversale della superficie. La base maggior del tronco di piramide destinata a far parte della superficie della strada, chiamasi la *testa* della pietra, la base minore destinata a stare al disotto dicesi la *coda*. L' altezza delle pietre suole generalmente fissarsi di circa due decimetri; che è quanto per esperienza si è conosciuto sufficiente onde i pezzi componenti la selciata, pel mutuo contrasto, si sostengano gli uni con gli altri, e affinchè non abbia da temersi che, quanto pur le pietre fossero di base assai ampia, avessero a schiantarsi sotto le ruote delle più pesanti vetture. La testa è ridotta a figura quadrata, ed il suo lato dev' essere stabilito sotto la condizione, che le commessure della selciata non sieno più distanti fra loro della pedata ordinaria di un cavallo, onde possano offerire il ritegno ai piedi degli animali, affinchè non abbiano a sdrucciolare. Quando la pietra è di qualità non molto dura, e di non molto fino impasto non è necessario di tener le pietre di tanta piccolezza, ma possono farsi di base più ampia. In generale però si deve avvertire che le pietre quanto più sono ampie tanto meno riescono stabili nel loro collocamento, attesochè le ruote delle vetture, finchè passano sopra il centro di gravità di una pietra, come sempre accade quando la base è poco estesa, non possono con la loro pressione far sì che abbassandosi la pietra da una parte si sollevi dall' altra; il che può bensì avvenire nelle pietre di ampia base, sulle quali passano le ruote calcandone bene spesso ora un lembo ora un

altro fuori del centro di gravità. Per altro una soverchia piccolezza esporrebbe ad altri inconvenienti; poichè ben difficilmente con piramidi tronche, di base eccedentemente piccola in confronto dell' altezza, si potrebbe ottenere un sistema unito e stabile, e queste piramidi lunghe e sottili potrebbero sotto la pressione delle pesanti vetture, dalle quali sono al presente frequentate le strade, riuscire d' insufficiente resistenza verticale, e rimanere schiantate per traverso.

§. 123. L' esperienza comprova che le dimensioni adottate presentemente in Roma per le pietre da selciata sono conformi a tutte le viste indicate. Ciascun pezzo ha la figura di piramide tronca, alto m. 0,18, con la testa quadrata e col lato di m. 0,095, tollerandosi soltanto la differenza in più o in meno di un centimetro nell' altezza, e in uno dei lati della testa, e di un sol mezzo centimetro nell' altro lato. La coda del quadruccio deve avere il suo lato di circa m. 0,05. I pezzi così ridotti diconsi *quadrucci;* e quando la riduzione non corrisponde esattamente alla figura e alle dimensioni entro gli indicati limiti di tolleranza diconsi *bastardoni*, e vengono impiegati nelle selciate in calce per le strade di minore riguardo: purchè per altro l' altezza non sia minore di m. 0,15, e niuno dei lati della base maggiore sia al di sotto di m. 0,07; nel qual caso si riguardano come inservibili, e si scartano.

§. 124. Tanto se la selciata si vuol costruire a secco, quanto se dev' essere fabbricata in malta, è di grande importanza che sia antecedentemente ben preparato il fondo, vale a dire ridotto alla configurazione stabilita dal profilo trasversale, e sopra tutto battuto e ribattuto onde non abbia a soggiacere a qualche cedimento dopo che sarà fatta la selciata. Se la selciata deve farsi a secco, sul fondo predisposto si distende uno strato di brecciola, o ghiaia minutissima, alto m. 0,05, e quindi uno strato di arena dell' altezza di m. 0,14, il quale costituisce quello che volgarmente dicesi il *letto* della selciata. Sopra questo letto si collocano i quadrucci ordinati per filari posti in direzione obliqua all' andamento della strada, in guisa che una delle diagonali di ciascun quadruccio venga a trovarsi parallela all' andamento medesimo, come apparisce nella fig. 14. Tale disposizione dei quadrucci dicesi a *spina*, ed è vantaggiosa perchè la ruota di una vettura nel passarvi sopra non può premere una sola fila di quadrucci, come potrebbe accadere se le file fossero parallele all' andamento della strada, ma ne preme due o tre insieme; e quindi resistendole una base più ampia, può difficilmente generare solcature o rotaie. Collocati a mano i quadrucci con la maggior diligenza possibile, e percossi con un mazzuolo, finchè le loro teste sieno giunte a non esser che cinque centimetri circa più alte di quello che dovranno riuscire a lavoro finito, si battono a tre riprese, e anche più se occorre, con la mazzeranga, finchè a forza di battere sia la superficie della selciata ridotta in conformità del profilo trasversale. E di mano in mano che si va battendo la selciata vi si sparge sopra dell' arena che penetra nelle commessure, e riempie gl' interstizi che erano rimasti vuoti. La quantità di arena che occorre nella battitura si ragguaglia ad uno strato dell'altezza di m. 0,03. Che se la selciata debba essere costrutta in calce, sul fondo regolarmente preparato si stende uno strato o letto di malta alto m. 0,14, e in questo si assettano i quadrucci o i bastardoni disponendoli a spina, e quindi si batte la superficie finchè abbia preso la configurazione

fissata dal profilo trasversale. Le selciate a secco possono esporsi appena terminate al passaggio delle vetture senza pericolo che vengano alterate, quando sieno costruite con tutte le necessarie avvertenze. Non così le selciate in calce, le quali finchè sono fresche potrebbero soffrire qualche alterazione dalle ruote delle vetture, e quindi è necessario di lasciarle in riposo finchè la malta siasi assodata; o almeno, in caso che per necessità debbansi esporre al passaggio delle vetture appena che sono finite, non si vuole ommettere di garantirle con una copertura d'arena o di terra, la quale non si rimnoverà finchè non siasi sicuri del perfetto assodamento della malta.

§. 125. In rinfianco della selciata, sia a secco, sia in calce, sono collocate due file di grosse pietre laterali, che diconsi *guide*, siccome vedonsi indicate nelle figure 14 e 15 dalle lettere A, A. Le dimensioni prescritte in Roma per le guide sono queste: altezza di m. 0,28, lato della faccia superiore parimenti di m. 0,28, lato della faccia sottoposta di m. 0,19. È consueto di accordarsi agli appaltatori di selciate una tolleranza di m. 0,015 sui lati, e di m. 0,02 sull'altezza delle guide. Nelle selciate di ciottoli le guide altro non sono esse pure che ciottoli di maggiori dimensioni. In rinforzo delle guide, e per maggior rinfianco della selciata, è utilissima la così detta *rincalzatura*, la quale si pone esteriormente alle guide medesime a guisa di piccolo controforte, costrutto di scaglie di pietra murate con buona malta. Tale rincalzatura è indicata nella figura dalle lettere B, B. Nelle selciate di quelle strade che hanno la superficie a culla (§. 98), sulla linea di mezzo, che determina l'intersezione dei due piani inclinati, si stabilisce per solito una fila di quadrucci di maggiori dimensioni degli altri. Questi in Roma diconsi *mostaccioli;* ed hanno l'altezza uguale a quella dei quadrucci, vale a dire di m. 0,18, il lato in testa di m. 0,22, e quello in coda di m. 0,15.

§. 126. La selciata generalmente è più costosa dell'inghiaiata, come risulta da sicuri calcoli comparativi, il processo dei quali si farà conoscere nel libro quinto di queste Istituzioni. Del resto una selciata può bensì conservarsi in ottimo stato per alcuni anni, ma quindi comincia ad alterarsene la superficie, e per quanto si possa essere attenti a ripararne i difetti disfacendone e rinnovandone dei pezzi qua e là, tostochè si scorga qualche depressione o qualche rotaia, non può tuttavia evitarsi che dopo un certo lasso di tempo l'alterazione divenga generale, e sia perciò indispensabile di selciar di nuovo interamente la strada. Ed oltre che questa è quella circostanza che precipuamente contribuisce a rendere le selciate più costose dell'inghiaiate, ne deriva anche un altro grave inconveniente; ed è che per un certo numero d'anni, prima di essere costretti a rinnovare la selciata, la strada per le crescenti degradazioni della superficie, si va rendendo sempre più incomoda; e che diviene poi impraticabile per tutto quel tempo che è necessario ad eseguire la rinnovazione, nel corso della quale, affinchè non rimanga interrotto il transito, è forza ricorrere all'espediente di strade provvisorie laterali, sempre incomode, se non altro per la maggior lunghezza, e per l'imperfetta struttura. L'inghiaiate dall'altra parte, qualora sieno ben costrutte da principio, e vengano di anno in anno restaurate con rimettervi altrettanto materiale quanto pel consumo ne è stato distrutto, si mantengono costantemente in buono stato, e non hanno mai più bisogno di essere rinnovate.

§. 127. Ad onta degli accennati riflessi la pratica offre dei casi nei quali la selciata merita di esser messa in uso a preferenza della inghiaiata. Uno di tali casi presentasi in qualche tratto di strada soggetto per la bassa sua giacitura alle inondazioni nelle grosse piene del mare, di un torrente, o di un lago vicino; poichè in tale costituzione della strada, un materiale sciolto e minuto sarebbe esposto ad essere scompigliato, e trasportato via dalla forza dell' acqua. Sono poi ovvie le ragioni per cui nell' interno delle città e degli altri luoghi abitati generalmente si costruiscono le strade selciate piuttosto che inghiaiate. Non ha guari che nella capitale dell' Inghilterra s' intraprese di sostituire alle preesistenti selciate tante inghiaiate fatte secondo il nuovo sistema (§. 117), che si presumeva dovesse nell' interno dell' abitato fare una riuscita uguale a quella che aveva fatto in tante strade traversanti la campagna (§. 118). Ma se sono veridici i ragguagli dati a questo proposito da qualche giornale scientifico (1), il fatto ha mal corrisposto all' aspettativa, ed il passato inverno è stato sufficiente a far conoscere che la struttura inghiaiata, quantunque eseguita secondo le pratiche del nuovo sistema, non può convenevolmente applicarsi alle strade entro l' abitato; nelle quali perciò non bisogna dipartirsi dal consueto stile della struttura selciata.

§. 128. Per lo più nelle strade selciate dell' abitato si trasceglie il profilo trasversale a culla (§. 98), di cui vedesi un tipo nella fig. 16. Talvolta queste strade hanno due marciapiedi laterali rilevati A, A per comodo e per sicurezza della gente a piedi. Ove non sono marciapiedi è ben fatto che le due liste laterali soggette allo stillicidio dei tetti sieno selciate in calce. Esse sono ordinariamente separate dall' intermedia selciata a secco per mezzo di due filari di guide B, B. Sulla linea di mezzo della selciata, in cui concorrono le acque, è piantata una fila di mostaccioli C (§. 125). Per altro nelle strade più ampie riesce maggiormente solido e maggiormente comodo il profilo trasversale a schiena, di cui si ha il tipo nella fig. 17. In questo vedesi la parte convessa B C D per lo più selciata a secco, e compresa fra due cunette laterali M, M in cui si raccolgono le acque, le quali per mezzo di frequenti bocchette formate nelle fronti dei marciapiedi A, A vanno a scaricarsi nei sottoposti condotti o *chiaviche* N, N, d' onde per vie sotterranee fanno recapito agli opportuni recipienti.

§. 129. I premessi ragguagli sulla costruzione delle selciate risguardano in vero specialmente il metodo usitato in Roma e nel suo distretto; ma possono nulladimeno servire di norma generale, poichè le regole sostanziali sono per tutto le stesse, e soltanto accidentali modificazioni possono occorrere in altri paesi dipendentemente dalla diversa natura delle pietre, e da qualche altra circostanza o consuetudine locale. Meritano singolare menzione le selciate di Milano, le quali acquistano una straordinaria solidità, e si mantengono lungamente in ottimo stato in vista della doppia loro struttura, essendo effettivamente composte di due strati di selciata, o sia di due selciate l' una sopra l' altra; delle quali quella di sotto serve come di fondamento alla superiore, e la fa esente da ogni cattivo effetto della cedevolezza del fondo sottoposto (2). In alcune città le strade sono coperte di *lastricati*, o sia

(1) *Bulletin des sciences technologiques redigé par M. Dubrunfaut* - juin 1826 artic. 368.

(2) Attualmente però in Milano in luogo del doppio selciato o sia del selciato sepolto, si forma un fondo sodo mediante ghiaja naturale nell' altezza non minore di m. 0,12. Questo fondo si fa a tutta la superficie della strada, ed i marciapiedi, oltre all' avere il

di pavimenti formati con grandi lastre rettangolari di pietra. L' occhio è sedotto dalla bella apparenza di tali pavimenti; ma questi hanno in sè tali difetti, per cui la sana pratica ne vorrebbe proscritto l' uso. Primieramente i lastricati non possono adattarsi che ad un profilo trasversale a culla. In secondo luogo, nelle strade frequentate da pesanti vetture, i lastricati riescono poco stabili, perchè le lastre, essendo spesso soggettate a forti pressioni eccentriche, (§. 122) vengono facilmente smosse, il che rende la struttura di breve durata, e di difficile e dispendiosa manutenzione. Finalmente sulle strade lastricate mal sicuro è il passo degli animali, perchè il piede ferrato facilmente vi sdrucciola; onde riescono pericolose per le vetture; e molto più se la pietra è assai dura, e se la strada è posta in salita o in discesa. A quest' ultimo inconveniente si rimedia in qualche modo *rigando* la superficie superiore delle lastre, vale a dire incidendovi delle solcature parallele per lungo e per traverso, le quali servono ad arrestare i piedi degli animali, equivalendo alle commessure di una selciata ordinaria di quadrucci e di ciottoli. Per altro i lastricati possono applicarsi convenientemente a quelle strade che sono poco o nulla frequentate dalle vetture, e meritano di essere preferiti a qualunque altra specie di pavimento sui marciapiedi laterali delle strade principali (§. 128).

§. 130. Fu già avvertito (§. 100) che la pendenza trasversale delle strade deve essere appropriata alle diverse qualità della materiale struttura. Ritornando ora sullo stesso proposito faremo riflettere, che dovendo servire la pendenza trasversale ad indurre le acque pluviali, da cui è invasa la strada, a discendere verso i laterali fossi, ne segue che tanto meno abbisognerà di pendenza quanto più liscia, e senza ineguaglianze sarà la superficie, e quanto più compatta la struttura, e meno permeabile all' acqua. Egli è perciò che le nuove inghiaiate inglesi fatte e mantenute secondo il metodo, che dicesi di Mac-Adam (§. 117), le quali per quanto si assicura prendono una superficie liscia ed unita a segno che possono mettersi a paragone dei migliori battuti di smalto, stanno bene con la tenuissima pendenza del 0,8 per 100. Del resto l'esperienza ha fatto conoscere: 1.° che le fiancheggiature a terreno esigono una pendenza laterale dell' 8,33, per 100; 2.° che alle riempiture di sabbia è sufficiente la pendenza del 4 per 100: 3.° che le inghiaiate comuni di breccia o di pietrisco richiedono una pendenza laterale fra il 5 e l' 8 per 100, più o meno a seconda della qualità e della grossezza dei sassi, e della natura del fondo sottoposto; 4.° che alle selciate a secco occorre la pendenza in traverso del 5 per 100; 5.° finalmente che per le selciate in calce basta il 4 ed anche talvolta il solo 3 per 100. E questi risultati dell' esperienza sono le norme alle quali generalmente si deve stare attaccati nelle occorrenze della pratica.

§. 131. Si disse (§. 76, 82) che l' andamento topografico d' una strada deve schivare, per quanto è possibile, i paduli, e in generale i cattivi fondi capaci di cedimento. Accade però talvolta che o per costrettive circostanze, o per evitare una più svantaggiosa costituzione, si è nella necessità di condurre qualche tratto di strada a traverso un terreno mal fermo e cedevole.

fondo medesimo, posano sopra un letto di muro formato con due corsi di mattoni. Questo sistema fu dalla pratica riconosciuto il più confacente nei combinati rapporti di durata e di economia. *Ingegn.* PEREGO *Milanese.*

In simili casi rendesi indispensabile di rimediare all' instabilità del fondo con opportuni espedienti, onde liberare la strada dagli avvallamenti, che ne sarebbero necessaria conseguenza. Se il terreno vizioso si estende a poca profondità può talora essere sufficiente (1) di fare un cavo su tutta la larghezza, che dev' essere occupata dalla strada, per portar via tutta la terra cattiva, e sostituirvene altra di buona qualità messa a strati, pilonata, e lasciata in riposo finchè abbia preso un completo assettamento (§. 7) prima di costruirvi sopra la strada. Ma se il terreno è viziato a molta profondità, si richiedono espedienti di maggior efficacia. Si apre un cavo profondo circa m. 3, e se ne copre il fondo con uno strato di tronchi d'albero posti per traverso e a contatto l'uno dell' altro, e se occorre a questo strato se ne sovrappone un altro uguale; e quindi si fa la riempitura del cavo con ottima terra cretosa distesa a cordoli, e ben battuta, sulla quale poi si costruisce la strada. Possono anche ai tronchi d' albero sostituirsi degli strati di fascine, e questo è il metodo che si pratica nell' Olanda a fine di assicurare la stabilità delle strade, che percorrono quegli sterminati maresi. Tali sono i mezzi straordinari di costruzione adoperati dalla pratica nei casi più scabrosi, i quali sono bensì efficaci ad ottenere il divisato intento, ma non possono effettuarsi che con l' impiego d' esorbitanti somme: e quindi si conferma l' importanza di evitare per quanto è possibile la necessità di doverne far uso.

§. 132. L' ordine prefisso (§. 74) ne offrirebbe qui da considerare quelle opere, che frequenti occorrono nelle strade ove sono attraversate da fiumi, da torrenti, o da altre minori correnti d' acqua; lo scopo delle quali opere si è di provvedere che nè la strada rimanga interrotta o imbarazzata dalle acque, nè il corso di queste venga impedito o turbato dalla continuità della strada. Questo genere importante di opere abbraccia le moltiplici specie dei ponti d' ogni grandezza e d' ogni struttura. I ponti per altro fanno invero parte delle strade, ma escono dalla classe dei lavori di terra, poichè sono fabbricati o di muro, o di legnami, o di ferro, o anche talvolta di struttura mista. Laonde è forza differirne la disamina per riassumerla a tempo opportuno nei libri seguenti.

§. 133. Spesso occorre di dover far passare a traverso la strada le acque pluviali raccolte dai laterali fossi, onde poterle rivolgere ai naturali punti di scarico. Pel trapasso di tali acque, e di altre piccole correnti, sono stati un tempo in uso i così detti *ponti rovesci*, o sia *canali traversi* selciati dall' uno all' altro lembo della strada. Questi comunemente si collocavano in direzione perpendicolare all' andamento della strada, dando ad essi una larghezza fra tre e sei metri secondo il bisogno, e configurandoli con un profilo trasversale a culla, posta la saetta uguale a un diciottesimo della larghezza. Ma essendo stato dimostrato dall' esperienza che tali sinuosità riuscivano sempre incomode alle vetture, e presentavano qualche pericolo nelle circostanze delle gelate; e che le selciate dei ponti rovesci esigevano un' assidua e troppo costosa manutenzione, si è in oggi generalmente convenuto di bandire questa sorta di manifatture dalle strade. E presentemente ai piccoli corsi d' acqua si dà passaggio per mezzo di *chiaviche* dette volgarmente *chiavicotti*; e questi altro non sono che ponticelli di muro di breve aper-

(1) Bolognini. *Memorie pratiche*, Reggio 1806, pag. 51.

tura proporzionata al volume d'acqua che vi deve concorrere, ma però non mai minore di met. 0,50, essendo necessaria almeno quest'ampiezza affinchè la chiavica possa essere praticabile agli operai nelle occorrenze di espurghi o di risarcimenti interni. La distribuzione dei chiavicotti è un articolo interessante, a cui si deve provvedere nell'atto stesso che si determinano l'andamento topografico ed il profilo longitudinale della strada.

§. 134. Ci rimane ora da parlare di quelle opere accessorie di vario genere che concorrono a perfezionare la costituzione d'una strada, e che abbiamo detto (§. 74) accidentali, perchè non ne è generale il bisogno, ma sono soltanto richieste da particolari circostanze, o da accidentali riguardi. Ci faremo a considerarle partitamente a seconda dei fini diversi a cui sono dirette; poichè, siccome si avvertì da principio, alcune contribuiscono alla solidità, altre alla sicurezza, talune al comodo; tali altre finalmente all'abbellimento delle strade.

§. 135. Appartengono alla solidità i seguenti articoli accessorj.

1.° I muri di rivestimento per mezzo dei quali si sostengono le ripe della strada quando (§. 108) le circostanze locali non permettono di estendere quanto è necessario la scarpa. Quando occorrono di poca altezza, e sopra un fondo consistente, possono costruirsi di pietre a secco, o come volgarmente dicesi, *macerie*. Ma ove debbono opporsi ad un alto terrapieno non può farsi a meno di fabbricarli di pietra, o di mattoni in malta. Le regole da osservarsi nella costruzione di tali muri s' insegneranno nel libro terzo. Tanto dicasi anche rispetto alle traverse o briglie di muro che tavolta sono necessarie nei fossi portatori (§. 107) per mitigarne la soverchia pendenza.

2.° I lavori di legna con i quali talvolta occorre di fortificare le ripe, che sono in pericolo di franare o per difetto di scarpa, o per l'azione di acque intestine. Questi consistono per lo più in regolari palizzate con intrecciature di verghe o bacchette pieghevoli, e somigliano a quelle già descritte fra le difese degli argini e delle ripe dei fiumi (§. 38). E non dissimile è la struttura delle traverse o briglie dei fossi quando abbisognano di poca altezza, o debbono esercitare un ufficio di breve durata.

3.° I canali traversi. Questi quantunque in generale, come si è detto, sieno al presente riprovati dalla buona pratica, tuttavia può talora convenirne l'uso nei tratti di strada, che hanno una straordinaria pendenza longitudinale. Lo scopo di essi, in simili casi, non è che di richiamare al fosso laterale quelle acque, che in tempo di pioggia, attesa la forte pendenza longitudinale della strada, scorrono sulla superficie in direzione parallela a quella dell'andamento stradale. Per tale effetto debbono collocarsi obliquamente alla superficie della strada in direzione della linea di massima pendenza, determinata sulla superficie medesima col metodo che già fu indicato (§. 102) in proposito della pendenza trasversale. Bisogna per altro avvertire, che qualora la linea di massima pendenza coincidesse colla diagonale del rettangolo segnato sulla superficie della strada pei punti d'appoggio delle quattro ruote di una vettura ordinaria tirata in direzione parallela all'andamento stradale, sarebbe d'uopo di dare al canale una diversa direzione, tenendolo alquanto più o meno inclinato affine di evitare le troppo sensibili scosse, che soffrirebbero i veicoli a quattro ruote attraversando un canale collocato in direzione della predetta diagonale. La struttura materiale dei canali è un'ordinaria selciata in calce.

4.° Le cunette laterali selciate. Queste si sostituiscono talvolta ai laterali fossi in qualche tratto di strada molto inclinato, se può temersi che il fondo naturale venga corroso dal troppo violento corso dell' acqua. Si dà ad esse una forma concava ad arco di circolo di poca profondità, atteso che le acque, scorrendo per essa velocissime, si mantengono di poca altezza, purchè si abbia cura di deviarle con frequenti scarichi. Le selciate delle cunette debbono essere costrutte in calce.

5.° Le traverse oblique di guide. Di queste si è fatto uso per lo passato nei tratti di strada di molta pendenza longitudinale ad effetto di costringere le acque scorrenti sulla superficie a rivolgersi verso il fosso laterale; ed insieme di trattenere di tanto in tanto le ruote delle vetture per dar qualche sollievo ai cavalli nella salita e nella discesa. Ma ne derivava il doppio inconveniente, che il corso dell'acqua, accumulata dalle traverse, vi generava accanto profonde solcature, e che quindi le traverse stesse si convertivano in risalti troppo forti, e incomodissimi alle vetture. Per lo che si conobbero preferibili in caso di bisogno i canali obliqui, dei quali si è testè fatto parola. Del resto la buona costituzione del profilo longitudinale limitando convenientemente l' inclinazione dei tratti (§. 86) può esentare dal bisogno di questi perniciosi accessorj.

§. 136. Importa sommamente di provvedere alla sicurezza dei viaggiatori ovunque la strada per la sua situazione presenta qualche pericolo. Così quando la strada è rilevata sulle campagne, o sovrasta ad un precipizio, non debbono omettersi quegli opportuni ripari laterali, che valgano a porre in salvo le vetture da disgrazia in qualunque sinistra contingenza. Se il pericolo non è di molto rilievo, può bastare un laterale arginello di terra, o una fila di *paracarri*, i quali altro non sono che pali piantati in terra a distanza di sei o otto metri l' uno dall' altro sul limite della carreggiata, sporgenti sulla superficie della strada met. 0,8, e conficcati alla profondità di un metro almeno. Essi ordinariamente sono squadrati, ed hanno il lato di circa due decimetri. Ma nei passi più pericolosi questi mezzi sono troppo deboli, ed è forza ricorrere ai parapetti di muro o di legname, che si piantano lungo il ciglio della strada dalla parte del profondo. I parapetti di muro vogliono essere alti per lo meno un metro, grossi almeno quattro decimetri, sostenuti da stabile fondamento, coperti in sommità con lastre di pietra ben collegate, e difesi dall' urto delle ruote per mezzo di pietre cuneiformi che diconsi *scansaruote*, murate presso il piede del muro dalla parte della strada a distanza di tre o quattro metri l' una dall' altra. I parapetti di legname, che comunemente diconsi *barricate*, sono formati di legni orizzontali a due ordini, sostenuti da colonnette verticali anch' esse di legno, o da pilastri di muro. Le colonnette e i pilastri non debbono essere distanti l' uno dall' altro più di tre metri. La traversa superiore dev' essere collocata all' altezza di un metro almeno sul ciglio della strada; l' inferiore deve dividere per metà l' intervallo fra il ciglio stesso, e la traversa superiore. Il legname più adattato per questi lavori è quello di quercia, e si adopera squadrato, assegnandosi alle colonnette un lato in quadro circa metri 0,2, e alle traverse una grossezza di metri 0,12, e un' altezza di metri 0,16. Le traverse sono o profondamente murate nei pilastri, o saldamente incastrate o inchiodate alle colonnette. Per maggior sicurezza del riparo quando non s' impiegano i pilastri, le colonnette sono piantate in un

fondamento di muro di pianta quadrata col lato di sei in otto decimetri, affondato sotto terra quanto è necessario onde vada a riposare sul sodo.

In alcuni tratti le strade possono talvolta divenir pericolose per la molta neve che le ricopre nell' inverno, o per le acque che vi si spandono sopra in qualche straordinaria eruzione del mare o di un fiume vicino. Nell' uno e nell' altro caso la traccia della strada può da un momento all' altro rendersi incerta al viaggiatore, con pericolo che questi, distogliendosi dal vero cammino, vada a traboccare in un precipizio, o ad abbattersi in qualche altra mala ventura. Si toglie questo pericolo per mezzo di *segnali*, che si pongono a vista l' uno dell' altro lateralmente alla strada; ed altro non sono che lunghe stanghe di legno confitte in terra quanto è necessario affinchè sieno salde contro l' impeto dei venti, e tali che la loro cima resti elevata cinque o sei metri sulla superficie della strada. Importa molto che i segnali sieno accoppiati, vale a dire posti uno dirimpetto all' altro sui due lati della strada a fine di togliere ogni ombra di dubbiezza sul verace andamento del cammino.

§. 137. Gli accessorii ordinari di comodo nelle strade ristringonsi alle *pietre* o *termini migliari*, e alle *colonne indicative*. I primi valgono a tenere costantemente informato il passeggero della lunghezza del cammino trascorso, e del viaggio che gli rimane da fare per giugnere alla sua meta; e servono anche come segni di richiamo agli Ingegneri, agli appaltatori, ed agli impiegati subalterni per denotare nelle loro ordinazioni, e nei loro rapporti le situazioni precise dei lavori da farsi, e degli sconcerti avvenuti. I termini migliari sogliono essere collocati sul lato sinistro della strada relativamente ad un viaggiatore partito dalla capitale, o da quella città o luogo qualunque da cui comincia la numerazione delle miglia. Le colonne indicative si pongono nei bivj onde non abbia a nascer dubbiezza sulle rispettive direzioni dei due bracci nei quali si divide la strada, essendo sulle medesime notato a grandi caratteri, a fronte di ciascuno dei due bracci, o il nome della strada, o quello del luogo principale a cui conduce. Questi articoli sono ben noti a chicchessia per la loro forma, e nulla offrono nella loro struttura che possa meritare particolari considerazioni.

§. 138. Per ultimo, come un oggetto accessorio spettante all' abbellimento delle strade, accenneremo le piantagioni laterali di alberi; sebbene esse non sieno utili pel solo ornamento, ma ben anche perchè riparano in estate il viaggiatore dagli ardenti raggi del sole, e possono talvolta servirgli di guida, facendo le veci di segnali in qualche bassa pianura soggetta alle inondazioni, o fra le montagne, ove la strada sia soggetta ad essere spesso in inverno ricoperta dalle nevi. Possono per altro le alberature divenir dannose in qualche tratto di strada, che per la sua situazione sia poco dominato dal sole e dai venti; e quindi debbono essere usate con molta cautela e parsimonia. Bisogna altresì che gli alberi sieno piantati con tale avvertenza che non adombrino troppo la strada, e vi facciano regnare l' umidità, e sopra tutto che lo stillicidio dei rami non cada sulla superficie della strada. Perciò nelle strade non molto larghe non possono piantarsi gli alberi che sulla sponda esterna del fosso. Nelle strade ampie possono piantarsi sulla ripa interna ove non sono soggetti ad essere offesi dall' aratro che l' avidità dei coltivatori fa spesso giugnere fino al ciglio esteriore del fosso. Per le piantagioni da farsi lungo le strade, giova di scegliere quella specie d' al-

beri che si confanno alla natura del terreno, e che producono legname utile, come sono la quercia, il frassino, l' olmo, ed il pioppo; escludendo sempre le piante che con i loro frutti possono dare incentivo ai viandanti di maltrattarle. Anche le fontane debbono riguardarsi come accessorii di bell' ornamento, ed insieme di comodo nelle pubbliche strade; e sono quelle ultime raffinatezze di pubblica utilità, che fanno risaltare il genio e la munificenza dei principi a benefizio dei popoli. Le strade antiche dei Romani erano pomposamente decorate di ammirabili monumenti di vario genere, i quali per altro sarebbero disdicevoli alle circostanze dei moderni tempi, e mal conformi ai nostri attuali costumi.

§. 139. Sono soggette le strade a progressive alterazioni che vi sono cagionate dalle acque, e dal passaggio segnatamente delle vetture. S' interriscono i fossi, si guastano le fiancheggiature, si avvallano e si scompongono le selciate, si logorano e si sfigurano le inghiaiate, finalmente le opere murali perdono l' intonaco, e si rompono in una o in un' altra parte. La regolare manutenzione di una strada consiste nella pronta ed indefessa riparazione degli indicati sconcerti, di mano in mano che vanno accadendo. A tale effetto si espurgano due volte l' anno i fossi e i chiavicotti, cioè una volta nella primavera, ed un' altra volta nell' autunno. Alle stesse epoche si rimettono in buon ordine le fiancheggiature conguagliandole col necessario riporto di terra. Le selciate si risarciscono, rinnovando quei pezzi i quali si sono scomposti o avvallati. Le inghiaiate si rimettono in sesto espurgandole dal fango, e riportandovi tanto nuovo materiale, quanto pel consumo sofferto ne manca per restituir loro la primitiva colmatura; le opere murali, e le altre di qualunque classe si riparano con restauri analoghi alle rispettive strutture. Non può presumersi di determinare in anticipazione sopra basi generali la quantità dei diversi lavori, che potrà annualmente richiedere una strada per essere conservata in istato regolare. Si può bensì congetturare prossimamente la quantità delle varie occorrenze per un tratto di strada sulla esperienza già fatta per vari anni dei materiali, e delle opere diverse, e del loro consumo nelle circostanze ordinarie. In generale l' interrimento dei fossi ragguagliatamente si valuta dell' altezza di due decimetri ogni anno; il consumo del terreno nelle fiancheggiature di circa tre centimetri d' altezza; il consumo degli intonachi di un ventesimo della superficie, e quello dei muri esposti alle offese degli animali e dei carri, di un ottantesimo almeno, e di un quarantesimo al più del loro volume. Le selciate si mantengono intatte per alcuni anni, e quindi vanno soggette a guasti sempre maggiori d' anno in anno. Le inghiaiate si consumano ove più ove meno, secondo che la strada è più o meno frequentata, più o meno angusta: e principalmente a seconda della maggiore o minor resistenza del materiale. Generalmente si è conosciuto per esperienza che il consumo delle inghiaiate è maggiore nelle salite di quello che nei tratti orizzontali; come pure che è maggiore il consumo quando l' inghiaiata riposa sopra un fondo molto duro di quello che quando giace sopra un terreno soffice. Questi sono i soli dati generali, sui quali si può far fondamento; al resto, come già si è detto, deve supplire l' esperienza attentamente applicata alle circostanze particolari dei luoghi.

LIBRO SECONDO

DEI LAVORI DI LEGNAME E DI FERRO

SEZIONE PRIMA

DELLE PROPRIETA' DELL' APPARECCHIO E DELL' IMPIEGO DEL LEGNAME IN GENERALE

CAPO PRIMO

NOZIONI PRELIMINARI

§. 140. Il regno vegetabile somministra nella sostanza legnosa degli alberi, uno dei più utili ed usitati materiali all' architettura. Si destinano agli usi architettonici i fusti ed i rami degli alberi, quando per le loro dimensioni e per le altre proprietà essenziali si riconoscono adattati all'uopo; e diconsi *legni lavorativi*, o *legname da lavorazione*. Quel legname che è confacente ai grossi lavori come sono i ponti, le armature dei tetti e dei solai, i castelli delle grandi macchine, e simili, dicesi *legname da costruzione* o *da fabbrica*. Quello che semplicemente è atto ad essere adoperato per piccoli lavori, sia di macchine, sia di arredi necessari nelle fabbriche, sia di utensili appartenenti ad usi meccanici o economici di qualunque fatta, può chiamarsi *legname da minuti lavori* e anche *legname da minuteria*.

§. 141. Non sarà disutile di premettere alcune notizie sull' organica struttura del legno. La figura di un fusto o di un ramo qualunque è prossimamente conica, potendosi riguardare anche i più irregolari siccome coni più o meno deformati da nodosità, da incurvamenti, e da piegature. Presso a poco lungo l' asse del cono è situata la *midolla*, la quale è in alcune specie di piante più, in altre meno abbondante; e generalmente è più copiosa e più molle nei giovani che nei vecchi rami. Intorno alla midolla sono ravvolti l'uno sull'altro tanti anelli conici legnosi quanti sono gli anni dell' età della pianta o del ramo, e di questi i più interni hanno maggior grossezza e maggior durezza degli altri, i quali sono più sottili e di minor consistenza di mano in mano che sono più lontani dall' asse. Il complesso di tali anelli costituisce la parte legnosa del fusto o del ramo. L' aggregato di quegli anelli più lontani dall' asse, che hanno pochissima consistenza, e non di rado si distinguono anche dagli altri per diversità di colore, chiamasi *alburno*. Questo è ricoperto dalla corteccia, la quale altro non è che un inviluppo conico di sostanza porosa, leggera, fragile, e generalmente disadatta a qualsiasi specie di lavoro.

§. 142. Gli anelli legnosi risultano da una riunione di fili o fibre longitudinali, vale a dire parallele prossimamente all' asse del cono. La coe-

renza reciproca delle fibre è varia nelle varie specie d' alberi ; ma generalmente si vince con una forza minore di quella, che è necessaria per istrappare longitudinalmente le fibre. Il cono legnoso è traversato dalle ramificazioni radiali della midolla , per mezzo delle quali questa comunica col tessuto cellulare contenuto nella corteccia. Tali ramificazioni dai Botanici vengono denominate *raggi*, *prolungamenti*, o *inserzioni midollari* ; e dai costruttori con volgare denominazione , derivata dal francese , diconsi *maglie*.

§. 143. La descritta naturale struttura del legno può discernersi da chiunque per mezzo della semplice oculare ispezione di un fusto o di un ramo reciso. Ma i Fitologi con ripetute ed accurate osservazioni hanno inoltre potuto scoprir di qual meccanico artifizio la natura si valga a promuovere l' incremento dei fusti e dei rami negli alberi , sia in grossezza sia in lunghezza. L' accrescimento in grossezza succede progressivamente per un nuovo anello , che si produce ogni anno intorno all' alburno, mentre lo strato più interiore di questo si consolida , e passa allo stato di legno perfetto. Quindi il numero degli anelli o strati legnosi del fusto , o ramo che sia , è sempre uguale, come già si è avvertito (§. 141), al numero d' anni, che esprime l' età di quel fusto o di quel ramo. In ordine all' incremento longitudinale si è conosciuto, che nel primo anno dello sviluppo di un albero spunta e cresce fino ad una certa altezza un primo getto , sul quale nell'anno susseguente germoglia una nuova messa , e s' inalza essa pure fino ad un certo segno , mentre il getto dell' anno primo cresce in grossezza pel meccanismo naturale di già spiegato. Spuntano e crescono così altri getti negli anni successivi fino ad una determinata epoca , la quale però è diversa nelle diverse specie di piante; ed allora cessa il fusto di crescere in lunghezza, e si vien coronando di rami. Questi si allungano per un meccanismo uguale a quello, che ha prodotto l' allungamento del fusto , e procreano le ramificazioni secondarie che insieme con essi costituiscono la chioma o il ciuffo dell' albero ; il quale si dilata più o meno , e prende taluna o tal altra configurazione a seconda non solo dell' indole propria della specie, ma ben anche delle circostanze del clima , del terreno , e della ricevuta coltivazione.

§. 144. Le analisi chimiche hanno fatto conoscere , che le sostanze elementari predominanti nel legno, sono il carbonio , l'idrogene, e l' ossigene ; e che altre sostanze semplici , quali sono il calorico, l' azoto, le terre , e i metalli entrano pure a far parte della materia legnosa. Dai nominati principj elementari o primitivi risultano i componenti immediati o secondarj del legno , che sono l' acqua, l' olio, il bitume , l' acido pirolegnoso , e il carbone. Le proporzioni di tali componenti e primitivi e secondarj sono diverse, non solo nelle diverse specie d' alberi , ma ben anche negl' individui della medesima specie nati e cresciuti in terreni, in climi , o in altre circostanze disuguali.

§. 145. Quantunque a seconda di quanto si è esposto, mercè le osservazioni dei Fitologi e le analisi dei Chimici siano palesi e l' organica struttura del legno , ed il suo meccanico modo di crescere, ed i principj elementari dei quali è composto, è tuttavia un arcano recondito di quali mezzi valgasi la natura onde muovere e combinare quei principj con leggi costanti, dirette ad ottenere forme e modificazioni analoghe a quella regolare struttura , e a quel metodico ingrandimento. Le opinioni dei naturalisti su questo proposito sono qual più qual meno ingegnose , ma tutte meramente

ipotetiche, o non autenticate da sufficienti prove. Per buona sorte l' architettura negli oggetti dipendenti dalla storia naturale non abbisogna che della sicurezza dei fatti, e sopra questa sicurezza soltanto fonda esse le sue leggi; le quali perciò riescono invariabili, quand' anche divise sieno le opinioni dei Fisici intorno alle spiegazioni dei fenomeni.

§. 146. Le principali proprietà di cui l' architettura fa conto nel legname di costruzione (§. 140) sono 1.° la grandezza, 2.° il peso, 3.° la forza, 4.° la flessibilità, 5.° la durevolezza, 6.° la lavorabilità. La finezza, la flessilità, il colore, ed altre sono qualità d' un ordine secondario, che di poca o niuna importanza riescono nel legname da costruzione, ma possono bensì divenire interessanti requisiti nel legname da minuteria.

§. 147. L'enumerate proprietà principali possedute in diversi gradi dalle varie specie di legni rendono il legname più o meno adattato ai bisogni dell' architettura, e confacente piuttosto ad uno o ad un altro uso particolare. La scelta della specie preferibile per un determinato uso dipenderà dunque dal conoscere quali di quelle proprietà, ed in qual grado si richiedano per la buona riuscita dell'opera, ed in qual modo le proprietà medesime si posseggano dalle diverse specie di legname, che il territorio somministra, o che possano aversi pel commercio con l'estere nazioni. Le condizioni particolari dei lavori a cui debbono servire le qualità del materiale sono l'oggetto dell' arte architettonica coadiuvata, ove fia duopo, dalla sterometria e dalla meccanica. La conoscenza delle varie proprietà ed attitudini del legname somministrato da alberi di specie diverse, non può essere che il risultato delle osservazioni, e dell' esperienze.

§. 148. La terra abbonda di piante arboree, e dalla maggior parte di queste si trae buon legname lavorativo sia da fabbrica sia da minuteria. Ho stimato utile di raccogliere nella seguente tavola un catalogo delle principali specie d' alberi dell' Italia, che somministrano legname da lavoro; e vi ho compreso anche molte specie esotiche, che o sono di già addomesticate e comuni fra noi, o si sono per esperienza conosciute disposte a prosperare nei nostri climi. Queste si troveranno contrassegnate nel catalogo con la caratteristica E. Ai nomi sistematici italiani e latini applicati alla specie secondo la *Synopsis* di Persoon ho aggiunto le denominazioni più usuali italiane, ed anche taluni nomi abusivi, i quali, affinchè sieno distinti, vengono segnati in carattere corsivo. A formare questo catalogo mi hanno servito di scorta le utilissime opere di Savi (1), e di Sartorelli (2), alle quali potranno rivolgersi quegli studiosi, che amassero di aver minuto ragguaglio sui caratteri naturali, sugli usi, e sulle coltivazioni, che competono alle diverse specie d' alberi, che compongono la nostra serie.

(1) *Trattato degli alberi della Toscana.* Firenze 1811.
(2) *Trattato degli alberi indigeni ai boschi dell' Italia superiore.* Milano 1816.

CATALOGO ALFABETICO

Delle principali specie d'alberi indigene, e di alcune specie esotiche coltivate nell' Italia, dalle quali si trae legname lavorativo adattato ai diversi usi architettonici.

numerazione	NOMENCLATURA SISTEMATICA		Denominazioni comuni propriamente o abusivamente invalse
	ITALIANA	LATINA	
1	Acero cotonoso E. .	Acer dasycarpum . .	
2	Acero fico	Acer pseudoplatanus	Sicomero, acero bianco, *acero tiglio* . . . .
3	Acero loppo	Acer opalus	Acero falso, oppio liscio, oppio maschio . . . .
4	Acero maggiore . . .	Acer platanoides . . .	Acero riccio, *piè d' oca, platanaria* . . . .
5	Acero minore	Acer menspessulanum	Oppio piccolo, *albero lattajolo* . . . .
6	Acero oppio	Acer campestre . . .	Oppio doppio, *stucchio, fistucchio, testucchio* . . . .
7	Acero rosso E	Acer rubrum	
8	Acero striato E . . .	Acer striatum.	
9	Acero tartaro E . . .	Acer tartaricum . . .	
10	Acero virginiano E .	Acer negundo	
11	Acero zuccheroso E.	Acer saccharinum . .	
12	Agrifoglio pizzica topo	Ilex aquifolium. . . .	Alloro, o lauro spinoso, pugnitopo maggiore . . . . . .
13	Ailanto glandoloso E	Ailanthus glandulosa.	Albero di paradiso. . . . . . .
14	Albatro corbezzolo. .	Arbutus unedo. . . .	Arbuto, albatresto, *rossello*. .
15	Albicocco comune E.	Armeniaca vulgaris .	
16	Alloro comune. . . .	Laurus nobilis	Lauro, orbaco . . . .
17	Alloro rosso E. . . .	Laurus borbonia. . .	
18	Betula bidollo	Betula alba.	Bidollo, bedolla, *beula, biola*
19	Betula ovata	Betula ovata	Betula falsa, *marosso* . . . . .
20	Betula pelosa.	Betula pubescens. . .	
21	Betula pendula. . . .	Betula pendula. . . .	
22	Bignonia catalpa E .	Bignonia catalpa . . .	Catalpa . . . .
23	Bignonia florida E. .	Bignonia radicans . .	Gelsomino americano . . . . .
24	Bignonia tetrafila E .	Bignonia capreolata .	Tetrafila. . . . .
25	Bossolo balearico E .	Buxus balearica . . .	
26	Bossolo comune . . .	Buxus sempervirens .	Bosso, busso, *verde, martello.*
27	Brussonetta moro della Cina E	Brussonetia papyrifera	
28	Carpino carpinella . .	Carpinus orientalis. .	Carpino piccolo, *carpino nero.*
29	Carpino comune . . .	Carpinus betulus. . .	Carpino bianco, *carpino faggio.*
30	Carrubbio comune. .	Ceratonia siliqua. . .	
31	Castagno selvatico . .	Castanea vesca	Castagno, *castagnaro* . . . . .
32	Cedro acido E. . . .	Citrus medica	Limone . . . .
33	Cedro arancio E. . .	Citrus aurantium. . .	Arancio melangolo . . . .
34	Cipresso albero di vita E	Cupressus arbor vitae	
35	Cipresso filadelfico E	Cupressus thyoides. .	
36	Cipresso gaggia E . .	Cupressus distica . .	
37	Cipresso orizzontale E	Cupressus horizzontalis	Cipressa, cipresso femmina . .
38	Cipresso piramidale E	Cupressus pyramidalis	Cipresso maschio . . . .

numerazione	NOMENCLATURA SISTEMATICA — ITALIANA	NOMENCLATURA SISTEMATICA — LATINA	Denominazioni comuni propriamente o abusivamente invalse
39	Cipresso portoghese E	Cupressus lusitanica.	Cipresso di Portogallo. . . . .
40	Cipresso tuja E . . .	Cupressus thuya . . .	
41	Citiso maggiociondolo	Cytisus laburnum . .	Avornio, avorniello, *brendoli*, *majo*, *majella* . . . .
42	Corniolo sanguine . .	Cornus sanguinea . .	Sanguinella, sanguinello, risanguine, sanguine . . . . .
43	Corniolo vero	Cornus mascula . . .	Cornajo, corniolo, crognolo. .
44	Cotogno nostrale. . .	Cydonia europaea . .	Melo cotogno, pero cotogno .
45	Ellera comune	Hedera helix . . . . :	*Ellera, ligabosco* . . . .
46	Faggio comune . . .	Fagus sylvatica . . .	Faggio silvestre. . . . .
47	Fico selvatico	Ficus carica sylvestris	Caprifico. . . . .
48	Fraggiragolo spacca sassi.	Celtis australis	Perlaro, loto perlaro, frassignolo, *bagolaro* . . . .
49	Fraggiragolo virginiano E	Celtis occidentalis . .	
50	Frassino calabrese . .	Fraxinus rotundifolia	
51	Frassino comune. . .	Fraxinus excelsior. .	Frassine, frassino volgare . . .
52	Frassino nocistio E .	Fraxinus inglandifolia	
53	Frassino pubescente E	Fraxinus pubescens .	
54	Frassino sambucino E	Fraxinus sambucifolia	
55	Fusaria appennina. .	Evonimus latifolius .	Fusaccia, evonimo, *silio ruistico* . . . .
56	Fusaria berretta da prete	Evonimus europaeus.	Fusaggine, *berrettaro* . . . . .
57	Gaggia bianca E. . .	Minosa julibrissin . .	
58	Ginco giapponese E.	Ginkgo biloba	
59	Ginepro comune. . .	Juniperus comunis. .	Ginepro nero . . . .
60	Ginepro rosso	Juniperus oxycedrus.	
61	Ginepro sabina. . . .	Juniperus sabina. . .	Sabina, savina . . . .
62	Ginepro virginiano E	Juniperus virginiana.	
63	Ginnoclado canadense E	Gymnocladus canadensis.	
64	Gleditscia monosperma E.	Gleditschia monosperma	
65	Gleditscia spinosa E.	Gleditschia triacanthos.	
66	Guajacana legno santo E	Diospyros lotus. . . .	
67	Guajacana virginiana E	Diospyros virginiana.	
68	Ippocastano, castagno indiano E. . .	Aesculus hippocastanum	
69	Ippocastano giallo E.	Aesculus lutea	
70	Ippocastano rosso E.	Aesculus pavia rubra	
71	Leagno balsamico E.	Eleagnus angustifolia	Olivagno, olivo di Boemia . .
72	Ligustro comune. . .	Ligustrum vulgare. .	Olivetta, *luistico, ruistico, ruvistio* . . . .
73	Liquidambra storace liquida E.	Liquidambar styraciflua	
74	Magnolia acuminata E	Magnolia acuminata .	
75	Magnolia tulipano E.	Magnolia grandiflora	

numerazione	NOMENCLATURA SISTEMATICA ITALIANA	NOMENCLATURA SISTEMATICA LATINA	Denominazioni comuni propriamente o abusivamente invalse
76	Mandorlo comune E.	Amygdalus comunis .	
77	Mandorlo pesco E. .	Amygdalus persica .	*Persico* . . . .
78	Medica arborea E. .	Medicago arborea . .	
79	Melagrano comune .	Punica granatum . .	*Melo granato* . . . .
80	Melia sicomoro E. .	Melia azederach . . .	
81	Moro bianco E. . . .	Morus alba	Gelso, moro gelso . . . .
82	Moro nero E.	Morus nigra	
83	Nespolo comune. . .	Mespilus germanica .	*Nespolaro* . . . .
84	Nocciolo selvatico . .	Corylus avellana . . .	Avellano, *nocchio* . . . .
85	Noce comune	Juglans regia. . . . :	
86	Noce nero E.	Juglans nigra.	
87	Oleandra, mazza di S. Giuseppe	Nerium oleander. . .	Leandro, alloro indiano, lauro roseo, *ammazza l' asino.*
88	Olivo comune E. . .	Olea europaea	
89	Olmo americano E. .	Ulmus americana . .	
90	Olmo diffuso.	Ulmus effusa	Olmo maggiore, olmo grande.
91	Olmo di Siberia E. .	Ulmus pumila	
92	Olmo fungoso	Ulmus suberosa . . .	Olmo rugoso . . . .
93	Olmo nostrale	Ulmus campestris . .	Olmo piramidale . . . .
94	Ontano bianco	Alnus incana	Ontano alpino, alno montano.
95	Ontano comune . . .	Alnus glutinosa . . .	Alno . . . .
96	Ontano napoletano .	Alnus neapolitana . .	
97	Orniello comune. . .	Ornus europaea . . .	Orno, *avornio, avorniello* . . .
98	Ostia carpino nero .	Ostrya vulgaris . . .	
99	Periploca scandente .	Periploca graeca . . .	*Topi* . . . .
100	Pero melagnolo . . .	Pyrus malus	*Melazzo* . . . .
101	Pero peruggine . . .	Pyrus comunis. . . .	*Perazzo* . . . .
102	Pino abete bianco. .	Pinus picea.	Abete, *abezzo* . . . .
103	Pino abete rosso . .	Pinus abies.	
104	Pino aleppico E. . .	Pinus halepensis . . .	Pino di Gerusalemme . . . . .
105	Pino balsamifero E..	Pinus balsamea . . .	
106	Pino bianco E. . . .	Pinus alba	
107	Pino cedro del Libano E.	Pinus cedrus	Cedro . . . .
108	Pino del Canadà E.	Pinus canadensis. . .	
109	Pino domestico . . .	Pinus pinea	Pinocchio . . . .
110	Pino larice	Pinus larix	Larice . . . .
111	Pino mugo.	Pinus mughus	Mugo, pino alpino. . . . . . .
112	Pino nano	Pinus pumilio	
113	Pino nero E.	Pinus nigra	
114	Pino rigido E. . . .	Pinus rigida	
115	Pino salvatico	Pinus pinaster	Pino marino . . . .
116	Pino strobo E. . . .	Pinus strobus	
117	Pino zimbro	Pinus cembra	*Pino premice, pignolo alpino.*
118	Pioppo albaro	Populus nigra	Pioppo nero, pioppa, *albera* .
119	Pioppo anguloso E. .	Populus angulata . .	
120	Pioppo ateniese E. .	Populus graeca . . .	
121	Pioppo balsamico E.	Populus balsamifera .	
122	Pioppo gattarino. . .	Populus canescens. .	
123	Pioppo gattice	Populus alba.	Pioppo bianco, gattice, gattero, *albera bianca* . . . . . .
124	Pioppo piramidale. .	Populus fastigiata . .	Pioppo italico, o cipressino, o tiberino, o turco. . . . . . .

numerazione	NOMENCLATURA SISTEMATICA ITALIANA	LATINA	Denominazioni comuni propriamente o abusivamente invalse
125	Pioppo tremolo . . .	Populus tremula . . .	Pioppo montano, pioppo libico, *alberella*, *tremolina* . .
126	Pistacchio lentisco . .	Pistacia lentiscus . . .	Mastice, sondro, dentischio, *sonnolo, stinchi*. . . . .
127	Pistacchio terebinto .	Pistacia terebinthus .	Corno capra . . . .
128	Platano orientale E. .	Platanus orientalis . .	
129	Platano occidentale E.	Platanus occidentalis.	
130	Pruno ciliegio canino	Prunus cerasus mahaleb	Magaleppo. . . . .
131	Pruno ciliegio di monte	Prunus cerasus avium	Ciliegio di bosco . . . .
132	Pruno ciliegio ortense	Prunus cerasus hortensis	Ciliegio domestico . . . .
133	Pruno ciliegio racemoso	Prunus cerasus padus	*Ciriegiolo spinoso*. . . . .
134	Pruno ciriegiolo . . .	Prunus cerasus chamaecerasus.	Amarasco di monte . . . . . .
135	Pruno lauro regio E.	Pruno lauro cerasus.	
136	Pruno prugnolo . . .	Prunus spinosa. . . .	Susino o prugno di macchia, *brugnolaro, vepro* . . . . . .
137	Pruno susino domestico	Prunus domestica . .	Susino bianco, prugno, *brugno*
138	Pruno susino salvatico	Prunus insititia. . . .	*Brugnolaro grande* . . . .
139	Querce cerro.	Quercus cerris	
140	Querce cerro sughero	Quercus pseudosuber	
141	Querce elce	Quercus ilex	Elice, leccio, *licino* . . . . . .
142	Querce farnia	Quercus pedunculata	Querce bianca, quercia gentile, *rovere bianco, ischio* . .
143	Querce ischia	Quercus robur	Rovere, *quercia di montagna*.
144	Querce lanuginosa . .	Quercus pubescens .	Querce lanosa, o pelosa, *rovere di monte*. . . . .
145	Querce maremmana .	Quercus austriaca . .	Querce falso cerro, *cerro* . . .
146	Querce montana . . .	Quercus pyrenaica . .	
147	Querce spagnuola E.	Quercus rotondifolia.	
148	Querce spinosa. . . .	Quercus coccifera . .	*Albero del chermes, rovere spinosa* . . . .
149	Querce sughero . . .	Quercus suber	Sovero. . . . .
150	Ramno giuggiolo . .	Rhamnus zizyphus . .	*Gensolo* . . . .
151	Ramno putino	Rhamnus frangula . .	Alno nero, *onaro falso* . . . .
152	Ramno spincervino .	Rhamnus catharticus.	Spin quercino, spinomerlo . .
153	Robinia caragana E.	Robinia caragana . .	
154	Robinia falsa gaggia E.	Robinia pseudoacacia	
155	Salcio bianco	Salix alba	Salcio da pertiche, salicone, saligastro . . . .
156	Salcio giallo	Salix vitellina	Salcio da legare. salcio greco, *salcio di S. Giovanni* . . . .
157	Salcio lanato	Salix sphacelata . . .	Salcio a foglie cangianti, *salice stracciato* . . . .
158	Salcio orecchiuto . .	Salix aurita.	Salcio auricolato . . . .
159	Salcio orientale E. .	Salix babylonica . . .	Salcio piangente . . . .
160	Salcio rosso	Salix helix	Salcio rosaceo, o roseo, o monandro. *vinco da far panieri*.
161	Salcio salica	Salix caprea	Salcio ordinario di bosco, *salice da foglia grande* . . . .
162	Salcio triandro	Salix triandria	
163	Salcio vetrice.	Salix viminalis	Salcio vimineo, *vinco*, *vimine*.
164	Sambuco maggiore .	Sambucus nigra . . .	Sambuco arboreo . . . .

numerazione	NOMENCLATURA SISTEMATICA		Denominazioni comuni propriamente o abusivamente invalse
	ITALIANA	LATINA	
165	Sambuco montano. .	Sambucus racemosa.	
166	Scopa arborea	Erica arborea	*Brugo* . . . .
167	Scopa da granate . .	Erica scoparia	
168	Siliquastro comune .	Cercis siliquastrum .	Albero di Giuda, o di Giudea, siliquastro giudaico . . . . .
169	Sofora giapponese E.	Sophora japponica. .	
170	Sofora quadrialata E	Sophora tetraptera. .	
171	Sommaco scotano . .	Rhus cotinus.	*Fogliarola, sommaco salvatico.*
172	Sorbo ciavardello . .	Sorbus torminalis . .	Bacarello, lazzeruolo a sette angoli, *mangiarello* . . . . .
173	Sorbo comune	Sorbus domestica . .	
174	Sorbo di Fontainebleau E	Sorbus latifolia. . . .	
175	Sorbo lazzerolo montano	Sorbus aria.	Matallo, lazzeruolo delle Alpi.
176	Sorbo salvatico. . . .	Sorbus aucuparia . .	Sorbezzolo da uccellatore, zenorino . . . .
177	Sparzio ginestra . . .	Spartium junceum. .	Sparto, ginestro di Spagna . .
178	Storace calamita E .	Styrax officinale . . .	
179	Tamarice maggiore .	Tamarix gallica . . .	Tamarice comune, tamarisco marittimo . . . .
180	Tamarice minore . .	Tamarix germanica .	Tamarisco dei torrenti, *tamarisco cipressino*. . . . . . .
181	Tasso libo	Taxus baccata	Nasso, *albero della morte, tasso mortifero, tossico* . . .
182	Tiglio maremmano .	Tilia mycrophylla . .	
183	Tiglio nostrale	Tilia platyphylla. . .	Tiglia, *tiglio femmina* . . . . .
184	Tulipifero legno gialloE	Liriodendron tulipifera	
185	Vite comune	Vitis vinifera.	Abrostine, lambrusca, lambrosca. . . . .

CAPO II.

PROPRIETA' DEL LEGNAME DA COSTRUZIONE

§. 149. Prenderemo da prima a considerare partitamente i caratteri delle diverse proprietà naturali già enunciate (§. 146), per le quali i legni si rendono atti a servire nei grandi lavori; indicheremo con quali espedienti, e con quali avvertenze possa esplorarsi in che grado esistano nelle varie specie di legni, ed illuminati dalle osservazioni e dalle sperienze avvertiremo alcune relazioni, che costantemente passano fra la medesima proprietà, e le circostanze fisiche degli alberi, dai quali si ricava il legname. Quindi per comodo della pratica riuniremo in una tavola alla fine del capitolo i risultati medj degli sperimenti fatti da valenti Fisici per determinare i rispettivi gradi, a cui le singole proprietà sono possedute dai legni di molte specie di piante, di cui è più frequente, e più proficuo l'uso.

§. 150. Si destinano ordinariamente alle costruzioni i fusti degli alberi, essendo raro che nei rami si scontrino dimensioni tali che li rendano atti ai grandi lavori. La terra nutrisce alberi d'ogni statura dalle razze più gigantesche, quali sono il pino cedro del Libano, il tulipifero della Virginia, e sopra ogni altro il pino del Chilì (*araucaria imbricata* del Wildenow), che si eleva all'altezza verticale di m. 84, fino al più piccolo degli arbusti conosciuti, il salcio pigmeo (*salix herbacea* di Persoon), il quale in altezza non arriva a tre centimetri. Sembra che la natura abbia assegnato a ciascuna specie d'alberi dei limiti ordinari di statura, fra i quali può variare l'altezza individuale delle piante a seconda del clima, del terreno, e delle altre circostanze che influiscono sulla vegetazione. I Fitologi si sono studiati di scoprire tali limiti, e i risultati delle loro osservazioni sono stati diligentemente raccolti dall'Hassenfratz (1) per molte specie d'alberi, da cui può trar profitto l'arte delle costruzioni. Anche le altezze dei fusti hanno i propri limiti ordinari, i quali sono stati determinati per le osservazioni di parecchi Fitologi, ed ordinati in una distinta serie dallo stesso Hassenfratz per quanto spetta alle principali specie d'alberi da lavoro. Le grossezze dei tronchi spaziano esse pure entro limiti assai distanti tra loro, venendo giù dalla specie più corpulenta, quella dell'africano baobab (*adansonia digitata*), i di cui tronchi giungono ad avere per lo meno met. 24 di circonferenza, fino ai più umili suffrutici, i di cui fusti sono pressochè lineari. Il limite della grossezza a cui può giugnere il tronco di un albero viene stabilito dall'ordinaria longevità accordata dalla natura a quella specie, e dalla spessezza degli anelli legnosi, che annualmente si producono in aumento del tronco (§. 143); laonde la massima ordinaria grossezza dei fusti ritraibili da un bosco d'alberi di data specie sarebbe nota quando si conoscesse la durata ordinaria della vita di quelle piante, e la grossezza media degli anelli, che si formano d'anno in anno intorno al corpo legnoso del fusto finchè continua a vivere. Così se si sapesse che la vita ordinaria della querce ischia fosse di anni 160, e che la ragguagliata grossezza degli anelli annui fosse di met. 0,0025, si dedurrebbe che il massimo diametro a cui potesse arrivare il fusto d'una querce sarebbe di metri 0,80. Troviamo raccolti dal

(1) *Traité de l'art du charpentier.* Paris 1804. Cap. I, §. IV.

già menzionato Hassenfratz i risultati medj di molte osservazioni fatte da lui medesimo, e da altri Fisici, ed Agronomi per determinare la ragguagliata grossezza degli anelli annuali di molte specie d' alberi, che somministrano buon legname all' architettura. Ma intorno alla longevità ordinaria degli alberi non abbiamo che vaghe asserzioni, le quali non meritano di passare in autorità, e spacciate talvolta sul fondamento di fatti favolosi o almeno esagerati, siccome saviamente fu avvertito da dotto Naturalista (1). Sembra soltanto che generalmente debba essere ammesso che la vita ordinaria dei grandi alberi delle selve, quali sono le querce, i pini, gli aceri ecc. si estenda a due secoli circa, e che gradatamente più brevi sieno le vite delle altre specie d' alberi meno ragguardevoli, alcune delle quali, siccome i pioppi, i salici, gli alni ec. non giungono ordinariamente ad oltrepassare il mezzo secolo.

§. 151. Per norma della pratica circa la grandezza del legname, che può ricavarsi dalle varie specie d' alberi, nel già promesso prospetto (§. 149) non tralasceremo di far conoscere i risultati delle fitologiche osservazioni sui diversi articoli testè accennati concernenti i limiti delle stature, e l' annuale ingrossamento dei fusti di molte specie d' alberi fra noi più conosciute ed usitate, giovandoci a quest' uopo delle tavole forniteci dal già encomiato Hassenfratz, che sono le più copiose, e le più accreditate che si conoscano. In seguito all' ordinata serie nominale delle specie marcheremo in una prima colonna i limiti dell' ordinaria statura dei fusti, e quindi in un' altra colonna i limiti della consueta statura delle intere piante; i quali confrontati con i primi potranno servire a far congetturare prossimamente le lunghezze dei rami produttibili dalle rispettive specie di piante. Nella terza colonna saranno indicate le ragguagliate grossezze degli anelli legnosi, che annualmente si producono intorno ai fusti; e queste gioveranno a determinare le verisimili grossezze dei tronchi qualora sia nota l' età delle piante, e viceversa. Così trovandosi notato che la media grossezza degli anelli nel pioppo gattice è di met. 0,009, se si saprà che una data piantagione di pioppi è dell' età di 27 anni, si potrà arguire che i fusti dovranno avere un diametro di circa met. 0,486; ed essendo notato che gli anelli annuali del pino abete bianco sono della media grossezza di met. 0,004, incontrandosi un abete il di cui fusto fosse di met. 0,600 di diametro, sarebbe da inferirsi che l' età dell' albero fosse di circa 75 anni. Aggiugneremo in una quarta colonna la serie dei diametri ordinari delle diverse specie d' alberi, quale ci viene esibita dal Rondelet (2); quantunque non dando esso verun conto sulla medesima, e trovandoci privi (§. 150) di dati sulla verisimile longevità rispettiva delle specie, non abbiamo su che fondare un giudizio della fiducia da riporsi nella serie medesima. E quindi non facciamo che presentarla sull' autorità del nominato scrittore, rimettendone l' uso alla prudenza degl' Ingegneri, e desiderando che accreditate osservazioni concorrano a rischiarare questo punto finora oscuro della fisiologia vegetabile.

Non vuol tralasciarsi di avvertire che le contrarie circostanze fisiche, e l' infelice vegetazione delle piante potrebbero talvolta rendere fallaci le deduzioni fondate sui dati riferiti nel prospetto; i quali sono ricavati da

(1) Molina. *Memorie di storia naturale.* Bologna 1821. Parte I, mem. VI.
(2) *Traité théorique et pratique de l' art de bâtir* - Paris. Tom. IV, par. I, pag. 58.

osservazioni fatte sopra individui di prospera vegetazione. Ma le piante addimostrano il loro stato prosperoso o misero per non equivoci segni esteriori conosciuti nell' arte agraria; quali debbono aversi ognor presenti quando si tratta di destinare gli alberi ai bisogni dell' architettura.

§. 152. Alla sperimentale ricerca del peso specifico dei legni si sono dedicati molti celebri fisici, e nominatamente Musschenbroek, Buffon, Duhamel, ed Hassenfratz. Dall' esame, e dal confronto dei risultati delle loro sperienze si deducono le seguenti particolarità degne di essere notate.

1.° Il legno stagionato ha una gravità specifica minore di quella che aveva quando era di fresco reciso. Nelle sperienze che fece il Duhamel sul legno di querce (verisimilmente querce ischia) apparve che la gravità specifica del legno fresco è a quella del legno stagionato pel corso d' un anno nel rapporto di 3 a 2.

2.° Il legno d' un albero ha diversi pesi specifici a seconda della parte dell' albero da cui si ricava. Negli alberi sani e vigorosi il legno dei rami è meno pesante di quello del fusto; quello della parte superiore del tronco pesa meno di quello della parte inferiore; quello più prossimo all' alburno ha minor peso di quello vicino alla midolla.

3.° Viceversa negli alberi che o per avanzata età, o per accidentali imperfezioni sono in istato di decadenza, è più pesante il legno prossimo all' alburno di quello interiore, che circonda da vicino la midolla.

4.° Il peso specifico del legno può esser diverso nei diversi individui d' una medesima specie dipendentemente dalle varietà del terreno, del clima, e delle altre cause, che hanno influenza sulla vegetazione. La massima differenza scoperta dal Duhamel sui legni di quercia ricavati da diversi individui è espressa dal rapporto numerico di 857 a 671.

5.° Vario è il peso specifico in parità d' ogni fisica circostanza nei legni appartenenti ad alberi di specie diverse; ed i limiti di tale variabilità sono fra loro notabilmente lontani. Il massimo peso specifico, fra quelli delle molte specie che sono state sottoposte alle sperienze dei Fisici, è quello del legno della querce sughero, che è risultato uguale a 1212, ritenuta espressa da 1000 la gravità specifica dell' acqua distillata (1). Il minimo peso specifico si è trovato nel legno della bignonia catalpa, che è uguale a 467.

6.° Gli alberi più longevi e più lenti nel loro sviluppo producono legno più pesante e più compatto di quelli che hanno vita più breve ed incremento più rapido.

§. 153. Il Musschenbroek per l' esplorazione del peso specifico dei legni si valse del metodo idrostatico, il quale consiste (2) nella determinazione del rapporto che passa fra il peso assoluto di un solido di qualsiasi forma e di volume indeterminato, e la perdita che il peso medesimo soffre immergendo il corpo nell' acqua distillata; e non omise la precauzione di spalmare i pezzi di legno, prima di assoggettarli allo sperimento, con un leggero intonaco resinoso, onde renderli impermeabili all' acqua. Il Duhamel, il Buffon, ed altri Fisici indagarono i pesi specifici dei legni con un processo meramente meccanico, consistente nella ricerca del peso assoluto di un solido di figura e dimensioni date, e nella determinazione del rapporto fra il

(1) Venturoli — *Elementi di meccanica e d' idraulica.* Vol. II, lib. I, cap. X.
(2) Idem. *Ibidem.*

peso trovato ed il volume conosciuto del solido; rapporto che, siccome è noto per i principj della fisica, esprime la gravità specifica della sostanza pesata.

§. 154. Il metodo idrostatico usato dal Musschenbroek ha in sè il vantaggio di poter essere adoperato per l' esplorazione della gravità specifica dei legni, senza che si tenga conto della forma e delle dimensioni dei pezzi che si offrono all' esperienza. Ma l' intonaco resinoso, il quale è indispensabile per impedire che l' acqua s' introduca nelle porosità del legno, e ne accresca il peso naturale, e che per tale effetto bisogna pure che abbia qualche sensibile grossezza, e da un' altra parte l' attrito del meccanismo necessario per tenere sommersi i solidi di legno per l' ordinario specificamente più leggieri dell' acqua, sono circostanze che non possono fare a meno d' influire sensibilmente negli sperimenti, e di turbare la rigorosità dei risultati. Il processo meccanico, a cui si appigliarono Duhamel e Buffon, va immune dall' indicato inconveniente, e promette quindi maggior sicurezza di risultati; purchè per altro si ponga la massima accuratezza nel taglio dei solidi che debbono pesarsi, poichè qualunque piccola inesattezza nelle dimensioni lineari può produrre sensibili errori nella determinazione del volume, e render non lievemente fallaci le deduzioni dei pesi specifici; e ciò tanto più quanto più è piccola la mole dei solidi soggettati agli sperimenti.

§. 156. Dopo ciò che abbiamo avvertito sulle moltiplici anomalie che naturalmente occorrono nei pesi specifici dei legni (§. 152), e sulle sensibili variazioni che possono derivare da cause accidentali inerenti ai metodi adoperati per l' esplorazione (§. 154), non debbono recar meraviglia le non lievi discrepanze, che si osservano fra i risultati ottenuti dai diversi sperimentatori, i quali si proposero di formare la scala dei pesi specifici delle varie specie di legni (1); ed è forza di rinunciare alla speranza che possa mai aversi su questo particolare un lavoro generale e perfetto. Tuttavia non ommetteremo di riportare nel prospetto la serie dei pesi specifici di molti legni desunti in misura media fra i diversi risultati delle sperienze de' Fisici; e di questi potrà giovarsi la pratica nelle più comuni occorrenze le quali non richiedono un' esattezza portata allo scrupolo. Ma per quei casi nei quali abbisognassero dati precisi e sicuri, converrebbe ricorrere ad apposite speciali sperienze, le quali come possano istituirsi, e quali avvertenze esigano fu già accennato ai §§. 153 e 154.

§. 156. Passiamo a considerare la forza del legname. Questa si è quella proprietà per cui un legno vale a resistere contro uno sforzo, il quale agendo in qualsiasi maniera tende a disgiungere le molecole del solido, e a romperlo. Richiamando le teorie meccaniche concernenti la resistenza dei solidi (2) ricorderemo che tre sorta di resistenza si distinguono, cioè; 1.ª la resistenza assoluta; 2.ª la resistenza rispettiva; 3.ª la resistenza alla compressione, chiamata anche dal Girard resistenza assoluta negativa. Qualunque conato a cui un solido debba resistere mette necessariamente in azione o l' una o l' altra delle dette tre specie di resistenza; e talvolta due di esse insieme, quando la direzione della forza non è perpendicolare nè alla lun-

(1) Hassenfratz — *Traité de l' art du charpentier*, Cap. I, §. V.
(2) Venturoli — *Elem. di Meccanica e d' Idraulica* — Vol. I, lib. III, cap. XVI e seg.

ghezza, nè alla sezione trasversale del solido. Non mai però la prima e la terza specie possono contemporaneamente esser poste in esercizio da una sola forza estrinseca, poichè sono esse direttamente opposte l' una all' altra. Ora ci limiteremo ad esaminare partitamente le tre diverse specie di resistenza in particolare nei legni, riassumendo le formole della Meccanica, e rendendole adattate agli usi pratici mediante il soccorso dei risultati dell' esperienza. In seguito non mancherà di offerircisi occasione di considerare alcuni casi, nei quali le diverse specie di resistenze possono contemporaneamente essere poste a cimento nell' impiego del legname per i moltiplici bisogni dell' architettura.

§. 157. La resistenza assoluta, o sia la tenacità d' un solido, nell' ipotesi d' una perfetta omogeneità della sostanza, è proporzionale all' area della sezione che resiste. Ma la supposta omogeneità fisicamente non esiste in veruna materia; e meno che in altre sostanze può sperarsi nei legni; onde bene spesso i risultati degli sperimenti si trovano discordi, e vanno talor lontani dall' indicata legge. Tuttavia dai risultati di molte sperienze si sono potuti ricavare alcuni dati medj, dei quali la pratica può servirsi per assegnare ai legni delle varie specie d' alberi il grado di forza assoluta di cui verisimilmente sono capaci: e questi dati medj, quali ci vengono esibiti dal Rondelet (1), sono quelli che verremo inserendo nel prospetto in una colonna appresso a quella dei pesi specifici dei legni. Le resistenze assolute sono così espresse in chilogrammi, presa per unità superficiale l' area d'un centimetro quadrato. Per tal modo apparirà per esempio che la resistenza assoluta del legno di querce ischia può valutarsi del valor medio di chilogr. 973 per ogni centimetro quadrato della sezione resistente; che nel pino abete bianco la resistenza assoluta può stimarsi del valor medio di chilogrammi 609 per ogni centimetro quadrato della sezione; e così via via.

§. 158. In generale le sperienze hanno dato a conoscere che il legno quanto più è compatto e pesante, tanto più è dotato di resistenza assoluta, e quindi che questa nei legni di specie diverse, o d' individui diversi della specie medesima, ed anche nel legno d' una stessa pianta, va soggetto a tutte quelle variazioni, che vennero notate intorno alla gravità specifica (§. 152). Rimane poi da avvertirsi che gli addotti gradi di resistenza assoluta appartengono al legname soltanto nella direzione delle fibre longitudinali che lo compongono, o sia nella direzione della lunghezza dei fusti e dei rami, coerentemente alle sperienze dalle quali quei dati medj sono stati ricavati. Minore, come fu già accennato (§. 142), è la forza di adesione con cui sono unite fra loro le fibre, o sia la resistenza assoluta del legno, quando debba spiegarsi contro una forza perpendicolare alla direzione longitudinale delle fibre. Ma in pratica rarissime volte occorre questo caso, e se talvolta occorre egli è sempre con moltissima prevalenza della tenacità, per cui le fibre si tengono unite, sopra lo sforzo, che tende a disgiungerle.

§. 159. Generalmente la figura dei legni, o sia dei travi che si adoperano nelle costruzioni, e nei quali occorre di far capitale della resistenza rispettiva è o parallelepipeda, o cilindrica. Ora intorno alla resistenza di queste due specie di solidi abbiamo dalle dottrine meccaniche fondate sull' ipotesi d' una perfetta omogeneità e d' una perfetta rigidezza i seguenti corollari.

(1) *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* — Tom. IV, par. I, pag. 120.

1.° Se una trave parallelepipeda, di cui sia c la lunghezza, abbia una delle sue estremità immobile, e sia stimolata all'altra estremità da una forza agente in direzione perpendicolare alla lunghezza del solido, ed insieme ad uno dei lati della sezione supposto uguale a b, essendo l' altro lato della sezione uguale ad a, la resistenza rispettiva che la trave oppone a quella forza viene espressa da $\frac{a^2 b k}{2c}$ ove k rappresenta il coefficiente della resistenza, il quale è costante relativamente alle dimensioni del solido, e può soltanto variare dipendentemente dalla qualità della materia, di cui il solido è formato.

2.° In una trave parallelepipeda la resistenza assoluta è alla rispettiva come la lunghezza alla metà dell' altezza, cioè alla metà di quel lato della sezione, a cui è parallela la direzione della forza che agisce sul solido.

3.° Le resistenze rispettive di due travi parallelepipede sono fra loro in ragione composta delle larghezze, de' quadrati delle altezze, e dell' inversa delle lunghezze.

4.° Se una trave cilindrica di cui sia c la lunghezza, ed r il raggio della base, sia ferma in una delle sue estremità, e stimolata all' altra estremità da una forza perpendicolare all' asse, la resistenza rispettiva che il cilindro esercita contro quella forza è espressa da $\frac{k\pi r^3}{c}$, ove π è il rapporto della circonferenza al diametro. Quindi assumendo $\pi = 3{,}141592$, la formola della resistenza rispettiva per un cilindro diviene $\frac{3{,}141592 k r^3}{c}$.

5.° In qualunque trave cilindrica la resistenza assoluta sta alla rispettiva come la lunghezza del solido al semidiametro della base.

6.° Le resistenze rispettive di due travi cilindriche sono fra loro nella ragione composta dei cubi dei raggi, e dell' inversa delle lunghezze.

7.° La resistenza rispettiva d' una trave cilindrica sta a quella di una trave parallelepipeda di ugual lunghezza, la di cui sezione sia un quadrato uguale a quello circoscritto alla base del cilindro, come $\pi : 4$, o sia come $3{,}141592 : 4$; vale a dire prossimamente come $3 : 4$.

8.° Se una trave, sia parallelepipeda, sia cilindrica, tenuta comunque ferma nelle due estremità, è condannata a sopportare uno sforzo perpendicolare al suo asse, ed insieme ad uno dei lati della sezione, e ciò qualora si tratti di una trave parallelepipeda, la resistenza rispettiva del solido è diversa per tutti i diversi punti della lunghezza ai quali può essere applicata la forza. Al punto di mezzo della lunghezza corrisponde una resistenza rispettiva quadrupla di quella, che avrebbe la trave se venisse cimentata nel modo antecedentemente considerato; e quindi pel solido parallelepipedo sarà nel punto di mezzo la resistenza $= \frac{2a^2 b k}{c}$; ed al punto di mezzo di un trave cilindrico apparterà una resistenza $= \frac{4 k \pi r^3}{3}$, ed avranno luogo anche per tali resistenze tutte quelle medesime analogie, che sono state rammentate sotto i precedenti numeri.

9.° In generale poi essendo una trave collocata e stimolata come si è testè indicato, la sua resistenza in un punto qualunque, di cui sia z la distanza da una delle estremità, e per conseguenza $c - z$ la distanza dall' al-

tra estremità, è inversamente proporzionale al prodotto $z(c-z)$. Ed il valore assoluto della resistenza in esso punto è per la trave parallelepipeda $= \frac{a^2bck}{2z(c-z)}$ e per la trave cilindrica è $= \frac{ck\pi r^3}{z(c-z)}$.

10.° Competono ai vari punti d'una trave le resistenze rispettive determinate dalle formole addotte nei due precedenti ultimi numeri, nell'ipotesi che le due estremità del solido sieno trattenute da fermi appoggi, affinchè non possano concepire un movimento progressivo seguendo l'impulso della forza applicata alla trave. Ma se i due estremi, invece di essere semplicemente così sostenuti, fossero profondamente infitti nel muro, o stretti saldamente da qualche solida armatura di legname o di ferro, si accrescerebbe la resistenza rispettiva della trave, e il Girard (1) ha dimostrato che diverrebbe il doppio di quello che è, a norma delle citate formole nel caso ordinario, siccome appunto comparve nell'esperienze di Mariotte, di Parent, e di qualche altro fisico.

11.° Le preindicate formole generali somministrano il modo di stabilire in qualunque caso l'equazione dell'equilibrio fra una forza applicata ad un trave in qualunque punto perpendicolarmente all'asse, e la resistenza rispettiva del solido: e per mezzo di tale equazione può quindi determinarsi la forza, che il trave è capace di sopportare in quel dato punto; ovvero data la forza e date od assunte ad arbitrio due delle dimensioni lineari del trave, può determinarsi la terza a condizione che il solido possa resistere a quella forza senza pericolo di spezzarsi. Qualora poi ad un trave, o fosse applicata una forza non perpendicolare all'asse, o fossero in diversi punti applicate più forze perpendicolari, e comunque inclinate all'asse medesimo, i principj meccanici della composizione e della risoluzione delle forze potrebbero sempre facilmente ricondurre al caso d'una sola forza perpendicolare al solido, ed applicata ad un noto punto dell'asse.

12.° Vuolsi rammentare che fra le forze, a cui deve far contrasto la resistenza rispettiva di un trave, è da comprendersi il peso proprio V del trave stesso, il quale, siccome è noto (2), equivale ad una forza verticale $\frac{1}{2}$ V applicata all'estremo del solido, quando questo sia fisso da una sola banda, e al punto di mezzo dell'asse, quando il solido sia sospeso in ambe le sue estremità. Siccome pure qualunque peso estrinseco P che sia equabilmente distribuito sopra tutta l'estensione del trave equivale ad una forza verticale $\frac{1}{2}$ P applicata all'estremo del solido nel primo caso, ed al punto di mezzo dell'asse nel secondo caso.

§. 160. Per non impegnarci soverchiamente in lunghe descrizioni, ommetteremo di far conoscere gli apparati, di cui si valsero i Fisici per esperimentare la resistenza rispettiva dei legni, e rimanderemo per questo articolo gli studiosi alle già citate opere di Hassenfratz e di Girard, le quali nulla lasciano da desiderare sopra tale proposito. Avvertiremo bensì che con mirabile accordo le sperienze fisiche hanno conformato le leggi stabilite dalla Meccanica, meno quella che concerne il rapporto della resistenza assoluta

(1) *Traité analytique de la résistence des solides etc.* Paris 1798. §. 56.
(2) Venturoli. — *Elem. di meccanica e d' idraulica.* Vol. I, cap. XVII e XVIII.

alla rispettiva (§. 159 n.° 2, 5) dalla quale i risultati degli esperimenti hanno sregolatamente aberrato. La quale aberrazione non può attribuirsi che all' imperfetta e disuguale rigidezza delle fibre legnose, ed alle fisiche anomalie che questa circostanza produce nell' attuale contrasto fra la resistenza rispettiva d' un trave e la forza a cui si contrappone, siccome sagacemente fu osservato dal chiarissimo Venturoli (1). Invano dunque si pretenderebbe di ricavare il giusto valore della resistenza rispettiva d' un solido di legno da quello della resistenza assoluta; ed è forza di ricercare le resistenze rispettive delle travi all' appoggio di sperimenti istituiti a bella posta per esplorare le resistenze rispettive dei legni, e nel soccorso delle riferite formole, le quali stabiliscono le analogie vigenti fra le resistenze rispettive delle travi parallelepipede e cilindriche di diverse dimensioni. Abbiamo per buona ventura i risultati di numerosi sperimenti fatti da Duhamel, da Hassenfratz, e da altri Fisici intorno alla resistenza rispettiva di molte specie di legni: e sebbene non sieno sempre fra loro perfettamente uniformi, siccome era ben presumibile, attesa la non perfetta, e non costante omogeneità del legno, e attese le alterazioni cui la resistenza va soggetta per quelle medesime circostanze, che influiscono a render vario il peso specifico del legno perfino nelle diverse parti d' una medesima pianta (§. 152), tuttavia hanno potuto servire a fissare dei risultati medj, per mezzo dei quali può verisimilmente stimarsi la resistenza rispettiva di qualunque trave.

§. 161. I risultati medj delle sperienze circa la resistenza rispettiva dei legni furono calcolati da Hassenfratz, ed esibiti in un quadro col confronto dei risultati ad una trave parallelepipeda orizzontale sostenuta in ambe le estremità, lunga met. 5, avente per sezione un quadrato col lato uguale ad un decimetro; e supponendo che dovesse sopportare un carico applicato al punto di mezzo della sua lunghezza. Costruì quindi per comodo della pratica alcune tavole secondarie, in cui sono riportate le resistenze rispettive, che calcolando sul risultato medio competono alle travi di querce ischia ugualmente collocate sotto diverse lunghezze, e diverse sezioni rettangolari. Io ho stimato di giovare anche meglio alla comodità degli usi pratici deducendo dai risultati medj dello stesso Hassenfratz il valore numerico del coefficiente k per le diverse specie di legni, sulle quali sono cadute l' esplorazioni; perchè così dalle formole riferite al §. 159 si potrà speditamente ricavare il valore della resistenza rispettiva per qualunque trave di alcuna delle specie di legni tanto nell' ipotesi dell' immobilità d' un solo estremo del solido, quanto in quella dell'immobilità di ambi gli estremi nel senso già spiegato. Dai dedotti valori di k ho formato una colonna nel prospetto delle proprietà del legname, ed è quella che viene immediatamente appresso all' altra delle resistenze assolute. Si troverà per esempio notato nel prospetto, che pel legno di querce ischia il valore di k è $= 2565000$; e quindi se occorrerà di determinare la resistenza rispettiva di un trave di querce di date dimensioni non si avrà che da sostituire nelle formole $k = 2565000$, e quindi determinare i valori numerici delle formole medesime ponendovi per a, b, c, r i rispettivi valori dati. Per una trave parallelepipeda lunga met. 6, larga met. 0,15, alta met. 0,20 ferma in una

(1) *Elem. di Meccanica e d' Idraulica* — Vol. I, §. 548.

sua estremità, e sottoposta ad uno sforzo applicato all' altra estremità risulterebbe la resistenza rispettiva = 1282,5. Per la medesima trave sospesa in ambi gli estremi e forzata nel punto di mezzo si troverebbe la resistenza = 5130, cioè quadrupla della precedente: e così per altri casi.

§. 162. Abbiasi presente che il valor numerico della resistenza rispettiva, quale si ricava dalle formole introducendo l' opportuno valore di k desunto dal prospetto, altro non esprime che il peso equivalente allo sforzo, con cui la medesima resistenza sta in equilibrio, ritenuto per unità di peso il chilogrammo; e ben inteso che lo sforzo, o sia il peso equivalente, agisca in un piano verticale condotto per l' asse del trave e in direzione perpendicolare all' asse medesimo. Così allorquando si dice che la resistenza rispettiva di un trave A B (fig. 18), con l' estremo A fitto saldamente nel muro verticale X Z è $= \frac{a^2bk}{2c}$ (§. 159 n.° 1) è lo stesso che dire, che la resistenza rispettiva del trave è capace di far equilibrio con un peso P posto nel piano, che passa per l' asse del solido e per la verticale X Z, e rivolto ad agire sull' estremo B del trave con la direzione BH perpendicolare al di lui asse, come si vede nella figura, qualora rimanga soddisfatta l' equazione $P + \frac{1}{2} V \text{ sen. } u = \frac{a^2bk}{2c}$, esprimendo V il peso proprio del trave (§. 159 n.° 12) ed u l' angolo XAB, o sia l' inclinazione del trave alla verticale. Che se occorresse di conoscere il valore di un altro peso Q il quale verticalmente applicato all' estremo B della trave facesse equilibrio con la di lei resistenza rispettiva, rappresentando con la linea B O il peso P, e risolvendo la forza BO nelle due BM, BN, l' una verticale, l'altra in direzione dell' asse del solido, si avrebbe $BO = BM \text{ sen. } u$, o sia $P = Q \text{ sen. } u$; e quindi l' equazione $(Q + \frac{1}{2} V) \text{ sen. } u = \frac{a^2bk}{2c}$. Queste medesime considerazioni possono facilmente applicarsi alla resistenza rispettiva di un trave appoggiato in ambe le sue estremità, ed alle formole che ne esprimono il valore.

§. 163. Per mezzo dei valori numerici di k offerti dal prospetto, e delle surriferite formole meccaniche, ha modo la pratica di determinare numeralmente i valori della resistenza rispettiva di qualunque trave comunque collocata, e stimolata da qualsiensi forze; cioè a dire del massimo sforzo a cui può contrapporsi la resistenza rispettiva d' una trave qualunque, e comunque esercitata senza pericolo che si spezzi. Ma quando occorre nelle costruzioni di dover mettere a cimento la resistenza rispettiva del legname, sono di massima importanza i seguenti riflessi:

1.° La stabilità degli edifici richiede che le resistenze d' ogni genere sieno maggiori di quanto basta per fare semplicemente equilibrio con le forze a cui si oppongono: poichè se non si avesse che il puro equilibrio, in qualunque eventualità da cui nascesse o affievolimento delle resistenze, o accrescimento delle forze, per piccola che fosse l' alterazione, non potrebbe la fabbrica andar esente da qualche sconvolgimento.

2.° Nelle travi le resistenze rispettive determinate per mezzo delle formole, facendo uso dei lavori di k dedotti dalle sperienze, non sono che di una momentanea efficacia, e s' indeboliscono a poco a poco se il solido è sottoposto ad uno sforzo continuato, siccome si è manifestato negli speri-

menti di Buffon, e d'altri Fisici. Per un esercizio permanente si è riconosciuto, che la resistenza rispettiva non può valutarsi più della metà del valor primordiale, e che quindi un trave non può soggettarsi ad una forza maggiore della metà di quella, che si equilibra con la primordiale resistenza, senza pericolo che o presto o tardi nel progresso del tempo ceda al soverchio carico, o finalmente si spezzi.

3.° Il valore della resistenza rispettiva d'un trave ricavato dalle formole fa conoscere il massimo sforzo a cui può reggere il solido senza spezzarsi. Ma l'esperienza ha dimostrato che poco più della terza parte di quello sforzo massimo è sufficiente a far inarcare il trave. Ora se si rifletta che nelle fabbriche il cangiamento di figura d'una delle parti può portar alterazione anche nelle altre ad essa connesse, e mutare lo stato del sistema, non di rado con pericolo che ne resti turbata la stabilità, si dovrà inferire che nelle costruzioni il legname non può senza rischio essere impiegato a sostenere uno sforzo per poco che sia maggiore d'un terzo di quella massima forza, che ciascun pezzo può sopportare senza rompersi. Ed avendo riguardo al progressivo indebolimento della resistenza, di cui si è or ora parlato, convien ridurre lo sforzo alla metà di quel valore che alla prima può farlo incurvare, vale a dire ad un sesto di quella forza che si equilibra col valor primitivo della resistenza rispettiva.

4.° Le resistenze rispettive determinate per mezzo dei valori di k contenuti nel prospetto non possono passar per sicure, che nelle travi senza difetti, come furono per la maggior parte quelle, che servirono agli esperimenti con cui si ottennero i risultati normali. E perciò, riflettendo che i legni hanno bene spesso dei vizi occulti, i quali ne debbono diminuire la resistenza, e richiamando alla mente ciò che in generale si esige per la stabilità delle fabbriche, secondo l'avvertenza fatta da principio (n.° 1), si deve concludere che al legname in costruzione non può attribuirsi che una resistenza rispettiva discretamente minore d'un sesto di quella che si ha dalle formole, e dai calcolati valori di k. Il Rondelet (1) riferisce di aver osservato, che negli usi ordinari dell'architettura il legname non viene mai sottomesso dai buoni Pratici ad uno sforzo maggiore d'un decimo di quello che può comportarsi dalla resistenza primordiale, e che non potrebbe deviarsi da questa regola senza avventurare la stabilità degli edifizi.

5.° Finalmente non lasceremo d'inculcare, come fu pure avvertito da Venturoli negli aurei suoi Elementi (2), che non sarebbe prudenza di tenere a capitale nelle costruzioni quell'aumento di resistenza rispettiva (§. 159 n.° 10), che acquistano le travi quando hanno ambi i loro capi incastrati nel muro, essendo troppo instabile e troppo incerto questo vantaggio della resistenza attesa l'alterabilità de'cementi, e la debole presa che fanno sul legno.

§. 164. Ne rimane da considerare la resistenza dei legni alla compressione. Il valore di questa specie di resistenza viene espresso nella Meccanica secondo la teoria euleriana da una formola generale (3) dedotta dalla condizione dello stato prossimo all'incurvamento di un solido fermo in una

(1) *Traité de l'art de bâtir.* Tomo IV, parte I, pag. 83.
(2) *Elementi di Meccanica e d'Idraulica* — Vol. I, §. 561.
(3) Venturoli - *Elementi di Meccanica e d'Idraulica* - Vol. I, cap. XIX.

delle sue estremità, e premuto all' altro capo da uno sforzo parallelo al suo asse; e quindi equivale a quel massimo sforzo che nell' indicato modo può sopportarsi dal solido senza che questo venga ad incurvarsi. La formola generale della resistenza alla compressione applicata alle travi parallelepipede e cilindriche conduce alle seguenti illazioni:

1.ª La resistenza alla compressione di un trave parallelepipedo di cui sia c la lunghezza, e di cui la sezione abbia i lati a, b, dei quali a sia maggiore e b il minore, è espressa da $\frac{a^2 b h \pi^2}{3 c^2}$, essendo h il coefficiente della resistenza, il quale è costante nei solidi d' una stessa materia; e significando secondo il solito π il rapporto della circonferenza al diametro.

2.ª Quindi la resistenza alla compressione di due travi parallelepipede sono fra loro nella ragione composta dei lati minori delle sezioni, dei quadrati dei lati maggiori delle sezioni medesime, e dell' inversa dei quadrati delle lunghezze.

3.ª La resistenza alla compressione di un trave cilindrico, di cui sia c la lunghezza, e la sezione un circolo che abbia il raggio r, è data dall' espressione $\frac{5 h r^3 \pi^3}{8 c^2}$.

4.ª E perciò le resistenze alla compressione di due travi cilindriche stanno fra loro in ragion composta dei cubi dei semidiametri delle basi rispettive, e dell' inversa dei quadrati delle lunghezze.

5.ª E così la resistenza alla compressione di una trave cilindrica è a quella di una trave parallelepipeda di ugual lunghezza ed avente per sezione il quadrato circoscritto al circolo base del cilindro, come $\frac{5\pi}{64} : \frac{1}{3}$ o sia ponendo $\pi = 3,141592$, e riducendo, come $0,736311 : 1$, vale a dire prossimamente come $7 : 10$.

§. 165. I risultati delle sperienze fatte dai Fisici sulla resistenza dei legni alla compressione, delle quali può trovarsi il ragguaglio nelle diverse opere, che spesse volte abbiamo citato, si uniformano quanto basta alle testè rammemorate leggi meccaniche per servire di conferma alle medesime. Da moltissimi sperimenti che con somma accuratezza istituì il Girard sopra grosse travi di querce e d'abete, potè raccogliere che per risultato medio la resistenza alla compressione del legno di querce è in un cubo effettivo di un metro di lato di chilog. 11784451; e che per un ugual solido di legno d'abete il valor medio della resistenza alla compressione è di chilog. 816128 (1). Da tali risultati medj possono agevolmente ricavarsi i valori da assegnarsi al coefficiente h per appropriare le formole della resistenza alla compressione ai travi di querce e d' abete, o sia onde rendere quelle formole adattate a determinare il valore verisimile della resistenza di qualunque trave o dell' una o dell' altra specie. In fatti ponendo nella formola $\frac{a^2 b h \pi}{3 c^2}$, (§. 164, n.° 1), che esprime la resistenza d'un parallelepipedo, $a = b = c = 1$ e $\pi = 3,141592$, dovrà essere per i legni di querce

$$\frac{(3,141592)^2}{3} h = 11784451,$$

(1) Girard — *Traité analytique de la resistence des solides ec.* §. 319.

e per i legni d' abete

$$\frac{(3,141592)^2}{3} h = 8161128;$$

onde si deduce che pei legni di querce deve assumersi $h = 3582000$, e pei legni d' abete $h = 2480667$.

§. 166. Il Perronet, dai risultati delle proprie sperienze, era già stato indotto a decidere (1): che le resistenze alla compressione dei legni di querce e d' abete sono fra loro come 63:47, rapporto che con poco divario corrisponde a quello, che sussiste fra gli addotti risultati medj ottenuti dal Girard, i quali per tale corrispondenza acquistano un maggior peso d' autorità. E siccome lo stesso Perronet determinò anche i rapporti delle resistenze di alcune altre specie di legni da lui esplorati alla resistenza del legno di querce, così ho creduto di potermi giovare di tali rapporti per indagare la resistenza media di ciascuna di quelle specie, ed il rispettivo valore di h, che ne deriva. I valori del coefficiente h, così determinati pel legno di querce, per quello d' abete, e per le poche altre specie considerate da Perronet, si trovano registrati nella penultima colonna del nostro prospetto; e introdotti nelle formole meccaniche (§. 164) potranno servire a far conoscere la misura verisimile della resistenza alla compressione di qualunque trave di alcuna delle specie esplorate. Così p. e. essendo pel legno di querce $h = 3582000$, dalla formola appartenente ai travi parallelepipedi (§. cit. n.° 1) si dedurrà che per un trave che abbia la lunghezza di m. 8, e ciascuno dei lati della sezione di m. 0,22 la resistenza alla compressione è di chilog. 1960. Per un ugual trave d' abete facendo $h = 2480667$ si avrà la resistenza di chilog. 1462; e così per ogni altro caso.

§. 167. Per un travicello di querce lungo tre decimetri, e di base quadrata del lato d' un centimetro, trovasi la resistenza alla compressione di chilog. 140. Eppure un così fatto travicello messo a prova da Musschembroek si ruppe sotto un carico di chilog. 131 (2), e dovette per conseguenza cominciare ad inflettersi sotto un gravame notabilmente minore. Ma questa sensibil perdita di resistenza è facile a spiegarsi, e deve necessariamente occorrere in tutti i travicelli di legno di sezione molto piccola. Di fatti nel tagliare un fusto per formare nel suo corpo diversi travicelli di date dimensioni, molte fibre sul perimetro della sezione di ciascun travicello attesa la loro tortuosità rimangono inevitabilmente tronche, e quindi incapaci d' esercitare veruna resistenza. Laonde per questo riflesso un travicello parallelepipedo è generalmente soggetto ad una perdita di resistenza proporzionale al perimetro della sua sezione. E siccome il valore della resistenza è proporzionale al cubo del perimetro, come è palese nelle formole surriferite (§. 164), ne segue che la perdita dev'essere tanto più sensibile quanto minore è il perimetro della sezione, e deve divenire un oggetto rilevante nei travicelli molto sottili. I risultati medj di Girard, e quelli di Perronet, dai quali abbiamo dedotti i valori del coefficiente h (§. 165, 166), essendo dipendenti da esperimenti fatti sopra grosse travi di fibra sana, o sia, come dicono i Francesi, di *bois de brin*, potranno dunque essere maggiori del vero per i piccoli travicelli ricavati da fusti segati longitudinalmente, ma non potranno

(1) *Description des projets de construction des ponts de Neuilly, de Mantes etc.* Tomo 1, pag. 97.

(2) Venturoli — *Elementi di Meccanica e d' Idraulica* — Vol. I, §. 569.

mentire sulla resistenza delle grosse travi di fibra sana, come per lo più si adoperano nelle armature, e in tutti i lavori che debbono fare grand' esercizio di resistenza.

§. 168. Anche la resistenza alla compressione, siccome si avvertì della resistenza rispettiva delle travi (§. 163 n.° 2), è soggetta a diminuire col lungo esercizio, e può valutarsi per un' azione continuata la metà soltanto del valor primordiale. Oltre di che i difetti originarii, e quelli avventizii potendo esser cagione d' imprevedibile indebolimento nei legni, ed importando d' altronde per la stabilità degli edifici che la resistenza sia sovrabbondante al bisogno del semplice equilibrio (§. cit. n.° 1), si deve stabilire per massima essenziale che nelle costruzioni non si metta a cimento la resistenza alla compressione delle travi, se non che contro una forza di gran lunga minore di quella, che può far equilibrio con la resistenza medesima; o sia che abbiasi a valutar questa assai meno di quella che risulta dalle formole e dal valor tabulare di h, vale a dire un quarto al più del valore medesimo.

§. 169. Le travi grosse e corte valgono a sostenere enormi carichi senza curvarsi, ma possono per altro sotto una potente compressione rimanere schiacciate. Si pretende (1) anzi che qualora una trave abbia la grossezza maggiore d' un sesto, o anche d' un settimo della sua lunghezza, rimane schiacciata piuttosto che incurvata sotto una valida compressione longitudinale. La resistenza dei travi grossi e corti alla compressione, che tende ad infrangerli, nella pratica si suppone proporzionale all' area della base, e può stimarsi, giusta l' asserzione di Navier, di chilog. 500, per ogni centimetro quadrato nei legni di querce, e di chilog. 333 nei legni d' abete. Il Rondelet (2), dietro i risultati dei propri sperimenti, la valuta nei legni di querce di chilog. 431 per ogni centimetro quadrato della base. Aggiugne il medesimo Rondelet i valori della stessa specie di resistenza per molte specie di legni; ma sarebbe stato desiderabile che avesse indicato da quali sperimenti gli abbia dedotti. Nella mancanza di altri dati su questo particolare, riportiamo nell' ultima colonna del prospetto i valori annunciati da Rondelet; ma non tralasciamo di consigliare che si voglia essere circospetti nel farne uso, mentre il veder valutata la resistenza dell' abete chilog. 477, vale a dire maggiore di quella del legno di querce, fa nascere non mal fondata diffidenza sulla giustezza della generalità dei risultati.

§. 170. Nelle armature di legname accade che l' estremità d' alcuni membri si appoggiano sulle facce degli altri, o vi s' incastrano, e così oltre che vi trasferiscono le varie forze agenti sul sistema a cimentare le diverse contemplate specie di resistenza, esercitano anche una compressione locale, la quale, oltrepassando una certa misura, è capace d' infrangere le fibre del legno, e di produrre un' impressione di qualche profondità tanto nel legno premuto, quanto in quello premente. Tali impressioni alterando la figura e le dimensioni nei pezzi che compongono il sistema, possono originare in queste, piccole sì, ma pur talvolta pregiudizievoli mosse e mutazioni di stato. Ad evitare siffatto inconveniente importa di essere oculati a non sottomettere i legni a compressioni locali sì forti che non possano venir comportate dalla durezza della sostanza legnosa, che deve resistervi. La durezza, o sia

(1) Navier — *Traité de la construction des ponts par Gauthey* — Tomo II, nota dopo il cap. I (IX).
(2) *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* — Sezione I, Lib. VI, artic. IV.

la resistenza del legno di querce a questo riguardo si è conosciuto in esperienza (1) che può valutarsi di chilog. 160 per ogni centimetro quadrato della superficie sulla quale si estende la compressione, allorchè questa è perpendicolare alle fibre del legno, e di chilog. 200 per centimetro quadrato, quando la compressione è parallela alla direzione delle fibre. Ma per poter far fondamento sopra tale valutazione si richiede che il legno sia ben asciutto, e perfettamente sano; poichè l' umidità e la fermentazione ammolliscono il legname e lo rendono più facilmente compressibile. La resistenza allo schiacciamento locale non è determinata per le altre specie di legni, e non può quindi valutarsi che a discrezione sul verisimile rapporto delle rispettive durezze a quella del legno di querce.

§. 171. Dopo di avere considerato in tutti i vari suoi aspetti la resistenza, che giustamente si riguarda come la più importante fralle qualità essenziali del legname da costruzione, facciamoci ad esaminare le altre rimanenti doti del legname, e fra queste prendiamo ora di mira la flessibilità. È questa quella facoltà che hanno i legni di qualche lunghezza di accomodarsi ad un limitato grado d' incurvamento senza spezzarsi. L'utile di questa proprietà era da prima circoscritto alle costruzioni navali, e ad alcune economiche e meccaniche manifatture. Ma presentemente dessa ha acquistato nell' architettura non lieve importanza, dappoichè si è introdotta l' usanza dei ponti a vôlte di legname, formate con travi artificialmente incurvate, nella costruzione dei quali si è segnalato in Germania il bavaro Wiebeking.

§. 172. La misura della flessibilità di un solido di legno si può desumere dalla saetta del massimo incurvamento a cui è capace di esser portato prima che giunga a schiantarsi. Può accogliersi nella pratica l' ipotesi ideata dal menzionato Navier (2), che la saetta dal massimo incurvamento ottenibile in qualunque trave sia proporzionale al quadrato della lunghezza, e reciprocamente a quel lato della sezione, in direzione del quale succede l' incurvamento, onde chiamando s la saetta massima, c la lunghezza, b il detto lato della sezione di una trave, si avrà l' equazione $s = \frac{m\,c^2}{b}$, ove m è un coefficiente costante nelle travi dello stesso legno, e variabile nei legni di specie diverse. Da una sola esperienza di Buffon dedusse Navier che pel legno di querce può prendersi prossimamente $m = 0{,}0004$, e quindi aversi per la flessibilità del legno di querce l' equazione $s = 0{,}0004\ \frac{c^2}{b}$. Ma calcolando sui risultati dei commendevoli sperimenti di Girard sul legno di querce (3), si viene a scoprire che più rigorosamente deve stabilirsi $m = 0{,}0003$. Per l' abete il valore del coefficiente m può indagarsi con buon fondamento sul ragguaglio offertoci da Gauthey (4) del grado d' incurvamento a cui sono state portate le travi adoperate nelle vôlte dei molti ponti di legname fabbricati da Wiebeking nella Baviera, e si trova per tal modo per l'abete $m = 0{,}001$. Quindi in pratica potrà stabilirsi per la flessibilità del legno di querce l' equazione $s = 0{,}0003.\ \frac{c^2}{b}$, e pel legno d' abete l' altra equazione $s = 0{,}001.\ \frac{c^2}{b}$.

(1) V. la precitata nota nell' Opera di Gauthey (IX).
(2) V. la già citata nota (VII).
(3) *Traité de la resistence des solides.* Tavola I, in fine dell'Opera.
(4) *Traité de la construction des ponts.* Tom. II. pag. 70.

§. 173. La durevolezza del legname dipende dalla sua facoltà di mantenersi più o meno lungamente immune dalla putrefazione, dalla combustione, e dal tarlo. La putrefazione e la combustione distruggono il legno chimicamente decomponendone la sostanza, e convertendola in polvere. Il tarlo distrugge meccanicamente il legno rodendolo, e riducendolo anch' esso in polvere.

§. 174. Succede la putrefazione del legno quando questo rimane esposto all' aria in uno stato d' umidità continua o intermittente. L' umidità senza il concorso dell' aria non vale ad alterare il legno; il che è conforme alle teorie della fisica non meno che alla quotidiana esperienza. Vediamo in fatti tutto giorno sollecitamente corrotti e distrutti i legni tenuti in luoghi umidi ma dominati dall' aria; mentre si trova non di rado esente da ogni infezione quel legname che per lungo corso d' anni, e talvolta anche per più secoli, è rimasto immerso nell' acqua, o sepolto sotto terra. Sono corruttibili i legni di tutte le specie d' alberi; non tutti però in ugual grado. Generalmente l' esperienza dimostra che meno di tutti gli altri sono soggetti alla corruzione i legni resinosi, come sono i pini, e i cipressi, e che fra gli altri più difficilmente si guastano quelli che sono dotati di maggior durezza e di maggior densità. Alcune specie di legni si distinguono per la facoltà particolare di conservarsi più lungamente incorrotti se sono bagnati dall' acqua, di quello che se sono tenuti asciutti. Tanto accade dell' ontano, e in minor grado anche dell' olmo. La tendenza alla corruzione si aumenta nel legname, allorchè viene impiegato in qualche costruzione soggetta all' umidità prima che siasi perfettamente asciugato, ed abbia deposto tutto il proprio succo vegetabile; ed è questa la principale ragione per cui si rende importante di non mettere in opera il legname se non si è lasciato sufficientemente stagionare dopo che fu estratto dai boschi. L' alburno (§. 141) di qualsiasi specie d' albero si putrefà in brevissimo tempo, e comunica l' infezione al legno perfetto che gli sta a contatto. In grazia di tale cattiva disposizione, ed insieme della poca consistenza, e della quasi niuna forza di questa parte imperfetta del legno, si deve tenere per regola essenzialissima di togliere interamente l' alburno dal legname destinato per qualunque lavoro.

§. 175. Non havvi alcuna specie di legno che sia incombustibile, senza eccettuare il pino larice, ad onta della contraria opinione che di esso ebbero gli antichi. Per altro non tutte le specie sono ugualmente proclivi ad accendersi. In generale il legname diviene tanto più combustibile quanto più è secco. Ma per quanto possa essere varia la combustibilità nel legname, e per la diversa indole delle specie, e pel maggiore o minor grado d' aridità, essa non giunge mai ad essere tanto tenue da rendere per quest' oggetto un legname preferibile ad un altro nell' architettura. Per lo che la durevolezza del legname relativamente alla combustione, anzichè da facoltà intrinseca, deve soltanto ripetersi da artificiali difese, e sopra tutto dallo scrupoloso allontanamento di tutte quelle cause, che sono atte a destare in esso la combustione.

§. 176. Sono del pari soggetti tutti i legni alle offese del tarlo, che rodendoli ne diminuisce la forza, e ne accelera le distruzione. Le brume, ed altri vermi acquatici roditori, sono il vero esterminio del legname impiegato nelle costruzioni marittime o fluviatili, e condannato a restar sommerso

nell'acqua. Non sappiamo che sieno state fatte osservazioni tendenti a riconoscere se alcuna specie di legno sia meno dell'altre soggetta a questa sorta di pregiudizio.

§. 177. Oltre le accennate cause generali della distruzione del legname, può anche la sua durata essere talvolta abbreviata dall'attrito. Così accade nelle ruote e negli altri organi delle macchine di legno. Anche il semplice attrito dell'acqua può produrre nel legname coll'andar del tempo qualche sensibile consunzione. Facilmente si comprende che i legni quanto più sono dotati di durezza tanto meno debbono essere soggetti ad essere logorati dall'attrito, e tanto più per questo riguardo debbono riuscire durevoli.

§. 178. L'alternazione dell'umido e del secco, mentre per una parte accelera la corruzione del legno (§. 174), contribuisce anche per un effetto meccanico alla sollecita distruzione dell'opere di legname. È noto che l'umidità dilata il legno, e che il secco lo costipa. Anche il caldo produce la dilatazione del legname, siccome il freddo ne cagiona il costipamento. Accade perciò che se contemporaneamente agiscano sopra un sistema di legname l'umido e il caldo, il gonfiamento dei pezzi può essere sensibile a segno da generare impreveduti conati nelle congiunzioni dei membri del sistema, e che combinandosi insieme il secco ed il freddo, il costipamento del legname può divenir tale da allentare in sensibil grado le congiunzioni, e da affievolire il contrasto delle parti, necessario per la fermezza del sistema. L'alternativa di questi contrari effetti deve inevitabilmente cagionare di tempo in tempo dannosi movimenti del sistema, ed alterarne la meccanica costituzione. E da questa causa principalmente, ben a ragione fu avvertito da Hassenfratz, deve ripetersi il sollecito discadimento, e la breve durata dell'opere di legname.

§. 179. Per ultimo ci resta da dire brevemente della lavorabilità, vale a dire di quella proprietà per cui il legname può con maggiore o minore facilità essere tagliato, e ridotto alle forme stabilite dall'architettura, o dalle arti subalterne. La lavorabilità dipende dalla durezza e dalla omogeneità del legno; e dalla maggiore o minore regolarità delle fibre che lo compongono. Perciò i legni non sono tutti egualmente docili sotto i diversi strumenti degli artefici, ed alcune specie sono più adattate per alcuni, altre per altri lavori. Le querce, i pini, il castagno sono lavorativi quanto basta per i grandi usi dell'architettura, ai quali le altre loro qualità li rendono eccellentemente adattati. Altre specie di legni che sono meno atte, ed alcune specie che sono affatto inutili per le grandi costruzioni, riescono a preferenza confacenti quale all'arte del carradore, quale a quella del bottaio, o al lavoro del tornio, o all'intaglio dello scalpello, o ad altri somiglianti usi.

§. 180. Le querce offrono legname ottimo da costruzione dotato di molta resistenza, di lavorabilità, e di durevolezza, e quindi proprio ad essere adoperato in tutti i grandi lavori di forza e di durata. Le specie sempre verdi, quali sono il cerro, l'elce, il sughero, danno forse legno migliore delle altre specie non sempre verdi, che da taluni diconsi querce *bianche*, per quel che sia la durezza, l'omogeneità, la forza, e la durata; ma per lo più le seconde si preferiscono alle prime, perchè somministrano legname di maggiori dimensioni di queste. Il legname dei pini, e quello del castagno posseggono in giusto grado le proprietà essenziali per le grandi costruzioni, e in alcune province dello Stato Romano sono più comuni e più usi-

tati del legname di querce. Il larice, che abbonda nelle Alpi Noriche, viene di là tradotto alle province bagnate dall' Adriatico, ove questa giustamente decantata specie di legname s'impiega in qualche opera di maggiore riguardo. Nelle medesime province si fa un uso più frequente dell' abete, che loro viene trasmesso dagli Stati Veneti e dalla Dalmazia. Questo legno per la specifica sua leggerezza, congiunta con un sufficiente grado di forza, è principalmente adattato pei travamenti delle fabbriche civili. La singolare flessibilità di cui è dovizioso (§. 172) lo rende di grande importanza per la costruzione dei ponti a grandi arcate di legno. Il legname del cipresso supera tutti gli altri nella durevolezza. Il pioppo non è dispregevole quando corrisponde alle dimensioni requisite, e può adoperarsi in difetto di specie migliori. Esso viene frequentemente impiegato nelle fabbriche campestri.

Le specie fin qui nominate si confanno in particolar modo ai grandi usi architettonici, ma possono anche convenire, e sono spesso destinate ai minuti lavori, e ai bisogni dell' arti secondarie. Queste si giovano d'altre specie di legni, che hanno particolari prerogative, e naturale disposizione pei diversi lavoraggi. Così l' olmo ed il carpino sono utili nelle costruzioni delle macchine; l'ontano è ottimo per la formazione dei condotti d' acqua; il tiglio ed il pioppo servono assai bene ai lavori d' intaglio; il faggio si adopera utilmente per farne molti utensili meccanici ed economici; finalmente il noce, il pero, il sorbo, il citiso, l'olivo, il tasso, l'acero, ed altri, per essere compatti, forti, di fibra fina e regolare, vagamente colorati e macchiati, e capaci d' un bel pulimento, si riserbano per la costruzione delle suppellettili destinate al comodo e alla decorazione.

§. 181. È legname difettoso e da rifiutarsi in architettura quello, che per qualche alterazione o irregolarità della sostanza, rimane privo, o del tutto o in parte, di alcuna delle proprietà essenziali già da noi considerate. Secondo che l' alterazione o l' irregolarità si manifesta in maggiore o in minor grado, o in una guisa piuttosto che in un' altra, i legni viziati o difettosi si distinguono con particolari denominazioni. Quindi si dicono 1.° legni *vergheggiati* o *riscaldati* quelli che dimostrano un principio di putrefazione; 2.° *fradici* quelli nei quali la putrefazione è avanzata; 3.° *cariati* quelli nei quali la putrefazione è giunta al massimo grado; 4.° *tarlati*, o *abbrumati* quelli che sono stati danneggiati dai tarli o dalle brume: 5.° *diaccioli* se hanno qualche fenditura diretta dal centro verso la circonferenza della sezione; 6.° *radiati* o *stellati* se hanno molte di tali fenditure; 7.° *slogati*, *stravolti*, o anche volgarmente *cipolle* quando gli anelli annuali sono distaccati l' uno dall' altro, o sia quando nella sezione appariscono fessure circolari; 8.° *nodosi* quando soprabbondano di nodi: 9.° legni *a fili tagliati* quelli che hanno le fibre in disordine, o troncate per l' intrusione irregolare dei nodi; 10.° legni *bistorti* o *malfatti* quelli che hanno forma irregolare. La pratica fa uso di altre denominazioni facili da comprendersi, e che qui non riferiamo onde non diffonderci inutilmente. E senza bisogno di spiegazioni può ugualmente intendere ognuno a quali proprietà del legname sieno essenzialmente opposti i vari difetti che sono stati testè enumerati.

§. 182. Tutto ciò che si è finora insegnato intorno alle proprietà essenziali del legno, considerato come un materiale da costruzione, è di somma importanza per dar norma agl' Ingegneri non solo nella scelta, o sia nella destinazione dei legni alle varie occorrenze dell'architettura, ma ben anche nell' apparecchio, e nell' effettivo impiego del legname, oggetti che formeranno l' argomento dei seguenti capitoli.

PROSPETTO

Delle proprietà architettoniche del legname prodotto dalle diverse specie d'alberi annoverate nel catalogo posto in seguito del Capitolo primo.

numerazione	Nomenclatura sistematica italiana degli alberi	limiti ordinarj della statura: del fusto	limiti ordinarj della statura: dello albero	gross. media degli anelli legnosi	diametri ordinarj dei fusti	gravità specifica del legno	resistenza assoluta	valori del coefficiente k per la resistenza rispettiva	valori del coefficiente h per la resistenza all'incurvamento	resistenza allo schiacciamento
		metri	metri	mill.	cent.	kil.	kil.			kil.
1	Acero cotonoso	5:15	15:40	5,0	72	»	»	»	»	»
2	Acero fico	5:15	15:40	6,5	72	674	836	2250000	»	517
3	Acero loppo	3:7	8:15	»	»	753	»	»	»	»
4	Acero maggiore . . .	5:15	15:40	5,5	75	623	1024	1820000	»	444
5	Acero minore	3:7	8:15	3,5	»	730	»	»	»	»
6	Acero oppio	3:7	8:15	3,0	»	755	»	»	»	»
7	Acero rosso	5:15	15:40	5,5	72	629	1119	2735000	»	451
8	Acero striato	3:7	8:15	3,0	36	554	1141	2990000	»	461
9	Acero tartaro	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
10	Acero virginiano . . .	3:7	8:15	3,5	72	»	»	»	»	»
11	Acero zuccheroso . .	5:15	15:40	4,0	»	»	»	»	»	»
12	Agrifoglio pizzicatopo	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
13	Ailanto glandoloso . .	3:7	8:15	5,5	36	820	642	1895000	»	430
14	Albatro corbezzolo . .	»	4:7	»	»	»	866	»	»	567
15	Albicocco comune . .	2:6	8:15	3,5	27	790	1090	»	»	671
16	Alloro comune (*) . .	2:6	8:15	3,0	»	695	813	»	»	»
17	Alloro rosso	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
18	Betula bidollo	5:16	15:40	3,5	81	702	1058	2132500	»	460
19	Betula ovata	»	1:2	»	»	»	»	»	»	»
20	Betula pelosa	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
21	Betula pendula	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
22	Biguonia catalpa . . .	2:5	8:15	5,0	42	467	»	»	»	»
23	Bignonia florida . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	Bignonia tetrafila . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	Bossolo balearico . . .	3:7	8:15	»	27	919	1242	»	»	772
26	Bossolo comune . . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
27	Brussonetta moro della Cina	2:6	8:15	5,5	»	660	»	»	»	»
28	Carpino carpinella . .	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
29	Carpino comune . . .	3:7	8:15	2,5	54	760	1170	2585000	»	546
30	Carrubbio comune . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
31	Castagno salvatico . .	4:15	5:40	2,5	72	685	1039	2392500	»	508
32	Cedro acido	»	4:7	»	»	»	780	»	»	466
33	Cedro arancio	»	4:7	»	»	»	1251	»	»	451
34	Cipresso albero di vita	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
35	Cipresso filadelfico . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»
36	Cipresso gaggia . . .	6:20	15:40	1,5	»	»	»	»	»	»
37	Cipresso orizzontale .	4:10	8:15	1,5	60	470	»	»	»	»
38	Cipresso piramidale .	4:10	8:15	1,5	72	656	1005	»	»	465
39	Cipresso portoghese .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
40	Cipresso tuja	»	4:7	»	56	»	595	1767500	»	396
41	Citiso maggiociondolo	2:4	8:12	3,5	30	973	1241	2890000	»	468
42	Corniolo sanguine . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
43	Corniolo vero	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»

numerazione	Nomenclatura sistematica italiana degli alberi	limiti ordinarj della statura del fusto	limiti ordinarj della statura dello albero	gross. media degli anelli legnosi	diametri ordinarj dei fusti	gravità specifica del legno	resistenza assoluta	valori del coef-ficiente k per la resistenza rispettiva	valori del coef-ficiente h per la resistenza all'incurvamento	resistenza allo schiacciamento
		metri	metri	mill.	cent.	kil.	kil.			kil.
44	Cotogno nostrale (*).	»	4:7	»	»	»	452	»	»	»
45	Edera comune	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
46	Faggio comune . . .	5:15	15:40	3,0	72	720	1326	2580000	»	527
47	Fico selvatico	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
48	Fraggiragolo spaccasassi	3:7	8:18	3,0	»	»	»	»	»	»
49	Fraggiragolo virginiano	3:7	8:15	1,0	»	1003	»	»	»	»
50	Frassino calabrese . .	3:7	8:15	3,5	»	»	»	»	»	»
51	Frassino comune . . .	5:15	15:40	4,5	66	787	962	»	2046857	594
52	Frassino nocistio . . .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
53	Frassino pubescente .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
54	Frassino sambucino .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
55	Fusaria appennina . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
56	Fusaria berretta da prete	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
57	Gaggia bianca	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
58	Gingo giapponese . .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
59	Ginepro comune . . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
60	Ginepro rosso.	3:5	6:8	»	»	»	»	»	»	»
61	Ginepro sabina	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
62	Ginepro virginiano . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
63	Ginnoclado canadense	3:7	8:15	2,5	»	»	»	»	»	»
64	Gleditscia monosperma	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
65	Gleditscia spinosa . .	4:8	8:15	4,0	49	676	834	1875000	»	656
66	Guajacana legno santo	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
67	Guajacana virginiana.	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
68	Ippocastano, castagno indiano	4:15	15:40	6,0	92	657	658	2327500	»	368
69	Ippocastano giallo . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
70	Ippocastano rosso . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
71	Leagno balsamico . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
72	Ligustro comune . . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
73	Liquidambra storace liquida	2:7	8:15	4,5	»	720	»	»	»	»
74	Magnolia acuminata .	6:12	12:16	»	»	»	»	»	»	»
75	Magnolia tulipano . .	6:12	12:16	»	»	»	»	»	»	»
76	Mandorlo comune . .	2:6	8:16	4,5	36	1102	»	»	»	»
77	Mandorlo pesco . . .	3:7	8:15	»	»	749	»	2510000	»	»
78	Medica arborea . . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
79	Melagrano comune. .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
80	Melia sicomoro	2:6	8:15	»	»	1010	»	»	»	»
81	Moro bianco	3:7	8:15	4,5	»	755	561	»	»	551
82	Moro nero	2:6	8:15	3,5	»	674	»	»	»	»
83	Nespolo comune . . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
84	Nocciolo selvatico . .	»	4:7	»	»	»	866	2520000	»	»
85	Noce comune	2:5	8:15	5,0	92	656	599	2250000	»	403
86	Noce nero	2:5	8:15	3,0	96	827	545	2160000	»	375
87	Oleandra, mazza di S. Giuseppe	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
88	Olivo comune	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»

numerazione	Nomenclatura sistematica italiana degli alberi	limiti ordinarj della statura: del fusto	limiti ordinarj della statura: dello albero	gross. media degli anelli legnosi	diametri ordinarj dei fusti	gravità specifica del legno	resistenza assoluta	valori del coefficiente k per la resistenza rispettiva	valori del coefficiente h per la resistenza all'incurvamento	resistenza allo schiacciamento
		metri	metri	mill.	cent.	kil.	kil.			kil.
89	Olmo americano . . .	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
90	Olmo diffuso	5:15	15:40	8,0	»	»	»	»	»	»
91	Olmo di Siberia . . .	»	4:7	2,5	»	»	»	»	»	»
92	Olmo fungoso	4:15	15:40	12,5	»	»	»	»	»	»
93	Olmo nostrale	5:15	15:40	3,5	80	700	1058	2692500	»	575
94	Ontano bianco	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
95	Ontano comune . . .	5:15	15:40	3,0	75	655	1112	»	1990045	417
96	Ontano napoletano .	»	7 15	»	»	»	»	»	»	»
97	Orniello comune . . .	5:15	15:40	3,5	»	»	»	»	»	»
98	Ostria carpino nero .	3:7	8:15	2,0	»	»	»	»	»	»
99	Periploca scandente .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
100	Pero melagnolo . . .	2:6	8:15	3,5	33	736	635	2440000	»	383
101	Pero peruggine . . .	3:7	10:18	1,0	36	708	599	2207500	»	436
102	Pino abete bianco . .	8:30	15:40	4,0	»	498	609	2392500	2480667	477
103	Pino abete rosso . . .	8:30	15:40	3,0	120	487	668	2295000	»	455
104	Pino aleppico	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
105	Pino balsamifero . .	8:10	15:40	»	»	»	»	»	»	»
106	Pino bianco	5:15	15:40	»	»	681	1024	»	»	»
107	Pino cedro del Libano	12:40	15:40	6,0	100	603	930	»	»	385
108	Pino del Canadà . . .	5:12	8:15	»	»	»	»	»	»	»
109	Pino domestico . . .	4:10	8:15	»	87	570	»	»	»	»
110	Pino larice (**) . . .	8:30	15:40	3,0	90	656	782	2107048	»	482
111	Pino mugo	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
112	Pino nano	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
113	Pino nero	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
114	Pino rigido	4:10	8:15	»	»	»	»	»	»	»
115	Pino salvatico	5:15	15:40	1,5	»	621	»	»	»	»
116	Pino strobo	6:20	15:40	1,5	»	»	»	»	»	»
117	Pino zimbro	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
118	Pioppo albaro	6:20	15:40	»	»	478	»	»	»	»
119	Pioppo anguloso . . .	6:20	15:40	4,5	»	419	»	»	»	»
120	Pioppo ateniese . . .	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
121	Pioppo balsamico . .	6:20	15:40	»	»	»	»	»	»	»
122	Pioppo gattarino . . .	6:20	15:40	9,0	»	630	»	»	»	»
123	Pioppo gattice	6:16	15:40	»	»	556	»	»	»	»
124	Pioppo piramidale . .	7:20	15:40	3,0	81	398	502	1465000	2103714	364
125	Pioppo tremolo . . .	5:15	15:40	2,0	»	527	691	»	»	383
126	Pistacchio lentisco . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
127	Pistacchio terebinto .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
128	Platano orientale . . .	5:15	15:40	5,0	96	538	444	1940000	»	467
129	Platano occidentale .	5:15	15:40	5,0	90	720	551	2132500	»	503
130	Pruno ciliegio canino	2:6	8:15	1,5	27	865	1192	2737500	»	524
131	Pruno ciliegio di monte	3:7	8:15	3,5	»	714	845	»	»	498
132	Pruno ciliegio ortense	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
133	Pruno ciliegio racemoso	3:7	8:15	2,5	»	»	»	»	»	»
134	Pruno ciriegiolo . . .	»	1:5	»	»	»	»	»	»	»

numerazione	Nomenclatura sistematica italiana degli alberi	limiti ordinarj della statura del fusto	dello albero	gross. media degli anelli legnosi	diametri ordinarj dei fusti	gravità specifica del legno	resistenza assoluta	valori del coefficiente k per la resistenza rispettiva	valori del coefficiente h per la resistenza all'incurvamento	resistenza allo schiacciamento
		metri	metri	mill.	cent.	kil.	kil.			kil.
135	Pruno lauro regio . .	3:7	8:15	»	»	822	»	»	»	»
136	Pruno prugnolo . . .	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
137	Pruno susino domestico	2:6	8:15	2,5	»	»	»	»	»	»
138	Pruno susino salvatico	2:6	8:15	2,5	30	762	946	2867467	»	451
139	Querce cerro	5:15	15:40	2,5	75	764	»	»	»	»
140	Querce cerro sughero	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
141	Querce elce.	4:12	15:40	2,5	63	994	»	»	»	»
142	Querce farnia	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
143	Querce ischia.	5:15	15:40	2,5	81	905	973	2565000	3582000	431
144	Querce lanuginosa . .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
145	Querce maremmana .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
146	Querce montana . . .	»	15:26	»	»	»	»	»	»	»
147	Querce spagnuola . .	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
148	Querce spinosa	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
149	Querce sughero . . .	2:7	8:15	6,5	»	1212	»	»	«	»
150	Ramno giuggiolo (*).	»	4:7	»	»	»	1241	»	»	»
151	Ramno putine	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
152	Ramno spincervino . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
153	Robinia caragana. . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
154	Robinia falsa gaggia.	4:15	15:40	4,0	54	791	957	3262500	»	599
155	Salcio bianco	6:15	15:40	9,5	30	449	1005	2125000	2729187	431
156	Salcio giallo	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
157	Salcio lanato	»	3:4	»	»	»	»	»	»	»
158	Salcio orecchiuto . . .	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
159	Salcio orientale. . . .	3:7	8:15	12,0	»	508	»	»	»	»
160	Salcio rosso.	3:7	8:15	»	»	»	»	»	»	»
161	Salcio salica	»	5:6	»	»	»	»	»	»	»
162	Salcio triandro	6:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
163	Salcio vetrice.	»	7:15	»	»	»	»	»	»	»
164	Sambuco maggiore .	»	4:7	»	»	»	802	»	»	422
165	Sambuco montano. .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
166	Scopa arborea	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
167	Scopa da granate . .	«	»	»	»	»	»	»	»	»
168	Siliquastro comune .	3:7	8:15	4,0	32	687	984	2347525	»	458
169	Sofora giapponese . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
170	Sofora quadrialata . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
171	Sommaco scotano . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
172	Sorbo ciavardello . .	5:15	15:40	»	72	879	1125	2855000	»	785
173	Sorbo comune	4:12	15:40	»	45	910	»	»	»	»
174	Sorbo di Fontainebleau	5:15	15:40	»	»	»	»	»	»	»
175	Sorbo lazzerolo montano.	5:15	15:40	»	60	739	»	»	»	»
176	Sorbo salvatico. . . .	3:7	8:15	3,0	42	739	878	2412500	»	524
177	Sparzio ginestra . . .	»	1:4	»	»	»	»	»	»	»
178	Storace calamita . . .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»
179	Tamarice maggiore .	»	4:7	»	»	»	»	»	»	»

numerazione	Nomenclatura sistematica italiana degli alberi	limiti ordinarj della statura		gross. media degli anelli legnosi	diametri ordinarj dei fusti	gravità specifica del legno	resistenza assoluta	valori del coefficiente k per la resistenza rispettiva	valori del coefficiente h per la resistenza all'incurvamento	resistenza allo schiacciamento
		del fusto	dello albero							
		metri	metri	mill.	cent.	kil.	kil.			kil.
180	Tamarice minore . .	»	1:5	»	»	»	»	»	»	»
181	Tasso libo	2:6	8:14	1,0	27	778	1222	2592471	»	735
182	Tiglio maremmano. .	5:15	15:40	3,5	»	»	»	»	»	»
183	Tiglio nostrale	5:15	15:40	4,0	66	549	752	1875000	»	383
184	Tulipifero legno giallo	5:15	15:40	5,0	70	477	524	1407516	»	365
185	Vite comune	»	»	»	»	»	»	»	»	»

(*) *Le resistenze assolute delle specie contrassegnate, sono dedotte dai risultati di alcuni sperimenti di Musschenbroek (V. l'opera di Hassenfratz pag.* 69.)

(**) *I risultati numerici notati a fronte del pino larice, appartengono propriamente a quella specie che i Francesi chiamano* mélèse, *la quale, come fu avvertito da Rondelet, e da Borgnis, nei loro trattati di costruzione, non è veramente il larice nostro di cui si fa grand'uso nel Regno Lombardo-Veneto, e nelle province settentrionali dello Stato Romano. Ha però il larice moltissima somiglianza col* mélèse, *ed è più compatto, più pesante, e più resistente: laonde possono senza tema attribuirsi al medesimo le diverse proprietà specifiche come si trovano registrate nel prospetto.*

CAPO III.

TAGLIO DEL LEGNAME

§. 183. Convien distinguere il taglio del legname in due diverse operazioni cioè: 1.° l'atterramento nel bosco degli alberi destinati per le costruzioni; 2.° il taglio per mezzo del quale dai fusti o dai rami atterrati si ottiene il legname sotto forme e sotto dimensioni adattate ai generali bisogni dell' architettura. Le pratiche così dell' una come dell'altra operazione debbono essere rivolte a favorire il più che sia possibile gli essenziali attributi considerati nel capo antecedente; onde dalle piante trascelte possa ricavarsi la maggior possibile quantità di legname resistente, e durevole, senza pregiudizio della flessibilità e della lavorabilità per quei casi nei quali queste due qualità meritassero un particolare riguardo.

§. 184. Affinchè l'atterramento degli alberi nei boschi corrisponda allo scopo or ora indicato, importa di ben ponderare i seguenti punti:

1.° Quale sia l'età degli alberi, in cui più convenga d' atterrarli.

2.° Qual epoca dell'anno sia la più adattata per eseguire l'atterramento.

3.° Quali utili preparazioni sieno da farsi sugli alberi prima di abbatterli.

4.° Qual metodo sia da anteporsi, e quali avvertenze da osservarsi nell' effettivo atterramento.

§. 185. Indipendentemente dalla loro età, gli alberi debbono atterrarsi allorchè cominciano a dar segni o di naturale decadimento, o d' imminente putrefazione. La ragione di questa regola nasce dal riflettere, che per una parte, finchè un albero si mantiene vigoroso e sano, il suo fusto è in istato di acquistare progressivamente maggior volume (§. 150) ed il suo legno può sperarsi che migliori per qualche aumento di peso e di forza: mentre per un' altra parte, quando una pianta comincia a discadere non può che perdere col progresso del tempo sotto ogni rapporto. Per conoscere fra gli alberi quelli che sono giunti all' epoca del decadimento, o che sono minacciati d' imminente alterazione, ma sono tuttavia in grado di fornire buon legname lavorativo, si suggeriscono, dietro le avvertenze di Duhamel (1), i seguenti infallibili contrassegni:

1.° Negli alberi prosperosi i rami della cima sono più vegeti e più sporgenti degli altri. L' uguaglianza generale dei rami indica mancanza di vigore, e un principio di decadimento nella pianta.

2.° Un albero che si riveste in primavera di foglie più sollecitamente degli altri della specie medesima, che ingiallisce presto in autunno, e prima verso la cima che nei rami, dimostra che va perdendo il vigore, e comincia a decadere.

3.° Vedendosi seccar qualche ramo nella cima d'un albero si deve arguire che la pianta decade, e che la corruzione si è già impossessata della parte centrale del tronco.

4.° Il decadimento d' una pianta si deve giudicare innoltrato quando la corteccia si distacca dal fusto, e mostra delle fenditure trasversali.

5.° La putrefazione della corteccia, la quale si manifesta alla quantità di muschi, di licheni, o di funghi che ne coprono la superficie, e alle mac-

(1) *Traité de l'exploitation des bois.* Tom. I, pag. 133.

chie nere e rosse che vi appariscono, dà fondato motivo di dubitare che l' infezione sia penetrata anche nel legno sottoposto.

6.° La brevità dei getti annuali, e la sottigliezza degli ultimi anelli dell' alburno sono sicuri indizj del decadimento dell' albero.

7.° Allorchè dalle fenditure della corteccia si veggono stillare i succhi della vegetazione, si ha in ciò non solo un pegno di vecchiaia e di decadimento, ma di più un sintomo della vicina morte della pianta.

8.° Le bruciature, le piaghe, le carie, ed altre malattie locali possono porre gli alberi in uno stato d' accidentale languore, ma non danno generalmente segno di decadimento delle piante, le quali venendo opportunamente curate, possono guarire da tali esteriori infermità, e ricuperare appieno il perduto vigore.

§. 186. Generalmente si usa di eseguire l' atterramento degli alberi nei mesi d' autunno e d' inverno, siccome prescrissero Vitruvio (1), ed altri antichi maestri. Ed avvi ancora qualche superstizioso fautore dell' influenza lunare, che crede essere scrupolosamente da osservarsi di abbatter gli alberi soltanto nei giorni del calar della luna secondo l' antica opinione di Columella (2), di Vegezio (3) e di altri classici scrittori. La fisica e la fisiologia vegetabile potrebbero somministrarci validissimi argomenti per ismentire la presunta importanza dell' accennate pratiche. Ma per disingannarci sopra tale argomento, malgrado le gravi autorità e l' universale consuetudine, possono bastare le numerose ed accurate sperienze fatte dal precitato Duhamel (4), le quali hanno costantemente dimostrato, che niuna sensibile influenza esercitano sulle qualità del legname nè l' epoca dell' anno, nè l' età della luna, in cui gli alberi vengono atterrati. Si deve quindi concludere che tutte le stagioni, e tutti i giorni dell' anno sono indistintamente confacenti all' atterramento degli alberi destinati alle costruzioni. Contuttociò l' economia della spesa, a cui deve mirarsi in qualunque operazione, rende ordinariamente preferibile per l' atterramento degli alberi la stagione invernale, in cui pochissime essendo le faccende dell' agricoltura possono ottenersi le braccia necessarie pel taglio dei boschi a prezzi più moderati che nelle altre stagioni dell' anno.

§. 187. Non avvi altra preparazione da fare sugli alberi prima di atterrarli, che quella già conosciuta dagli antichi e memorata da Vitruvio, la quale consiste nel far che l' albero perda l' umore e la vita prima del suo atterramento. Ciò si può ottenere o col togliere in primavera una corona della corteccia verso il piede del tronco, e col traforar quivi con una trivella il legno sino alla midolla; e questo è appunto il modo insegnato da Vitruvio (5): o spogliando da capo a piedi il tronco di tutta la corteccia, il qual metodo è presentemente più dell' altro in uso per tutte le parti dell' Europa. Eseguito lo scortecciamento o nell' uno o nell' altro modo in primavera, si può quindi abbattere l' albero nell' estate, o nell' autunno, o nell' inverno susseguente. Necessario effetto di questa preparazione si è che l' umore nutritivo succhiato dalle radici, distolto dal naturale suo corso fra

(1) *De architectura* — lib. II, cap. IX.
(2) *De re rustica* — lib. XI, cap. II.
(3) *De re militari* — lib. IV, cap. XXXV.
(4) *Traité de l' exploitation des bois* — Tom I.
(5) *De architectura* — lib. II, cap. IX.

la corteccia ed il fusto legnoso, ove avrebbe procreato in quell' anno un nuovo anello intorno all' alburno; è costretto ad incanalarsi per entro gli strati più eccentrici dell' alburno medesimo, e quindi ne addensa la sostanza, l' assolida, e la converte in legno perfetto. Si diffonde anche una parte di quell' umore per gli strati interiori dell' alburno, e pel corpo legnoso del tronco, onde si compie il consolidamento di quello, e diviene migliore la sostanza di questo. Trasuda e scola dall' escoriazione, e dalla ferita il succo soprabbondante, e così la pianta rimane priva affatto di umore prima di essere abbattuta. I vantaggi che ne derivano sono i seguenti:

1.° Si ricava dall' albero una maggior quantità di legno lavorativo, che se l' albero si fosse atterrato senza farlo prima seccare; poichè in questo caso l' alburno sarebbe stato affatto inutile, e si sarebbe dovuto separarlo dal legno affinchè l' eccessiva corruttibilità di quello non avesse a diminuire la durevolezza di questo; mentre col far seccare l' albero in piedi l' alburno va tutto, come si è veduto, in aumento del corpo legnoso.

2.° Si ottiene un legno di miglior qualità, essendo stato dimostrato da moltissime sperienze fatte da Duhamel, e da Buffon, e ripetute nell' Inghilterra e nella Russia (1), che il legno seccato in piedi è non solo più denso e più pesante, ma ancora ha una resistenza maggiore del legno atterrato verde, e poi diseccato.

3.° Approfitta il legname anche nella durevolezza poichè rimane naturalmente spogliato d'albume, mentre un artificiale spogliamento (§. 174) non può mai sperarsi perfetto, atteso il contrario interesse dei tagliatori, e dei negozianti di legname.

4.° Per ultimo, il legname è in istato di essere posto in opera subito dopo l' atterramento, trovandosi già diseccato in piedi; mentre il legname atterrato verde ha bisogno di non breve lasso di tempo per asciugarsi; prima di che non potrebbe essere impiegato senza un sicuro e grave pregiudizio della sua durevolezza (§. precit.).

§. 188. Alcune sperienze del Conte di Gallowin, ammiraglio russo, fecero conoscere (2) che il legno degli alberi seccati in piedi resta privo quasi totalmente di flessibilità, e quindi si rende disadatto a quei lavori, pe' quali il legname ha bisogno di essere soggettato ad un artificiale incurvamento. Questa scoperta, tralasciando di citare altri motivi che possono nascere dall' interessante scopo della conservazione dei boschi, per parte dell' architettura, esclude la pratica dello scortecciamento degli alberi destinati alle costruzioni navali, o a qualunque altro lavoro per cui occorra d'incurvare il legname.

§. 189. Quanto all'effettivo atterramento degli alberi si può esso eseguire in quattro diversi modi. 1.° Segando orizzontalmente il fusto presso terra. 2.° Recidendo il tronco sul pedale a colpi di scure. 3.° Scalzando intorno il fittone per cavarlo unitamente al fusto, tagliate prima le radici secondarie. 4.° Finalmente scalzando all'intorno tutte le radici, e svellendole insieme col fusto per diboscare affatto il terreno. In generale il secondo modo è più usitato e più vantaggioso degli altri, i quali tuttavia possono talvolta divenire utili pel conseguimento di qualche fine particolare.

(1) Hassenfratz — *Traité de l'art du charpentier* — pag. 109.
(2) Ivi — pag. 111.

Le cautele da osservarsi nell'atterramento debbono avere per iscopo, che la pianta nell'essere tirata a terra non soffra danno nel proprio fusto, e non ne arrechi alle vicine piante. Quali mezzi possano acconciamente impiegarsi per questo fine sono ben noti nella pratica de'tagliaboschi, e senza che ci fermiamo a descriverli, potrà facilmente da sè stesso abilitarsi a regolarne l'uso chiunque per poco sia versato nelle più difficili manovre dell'arte di fabbricare.

§. 190. I fusti degli alberi atterrati s'apparecchiano ai generali bisogni dell'architettura col ridurli ad opportune forme e dimensioni. La forma a cui generalmente si riducono è quella di parallelepipedo rettangolo. Le dimensioni sono variabilissime, e si vengono conformando alla qualità dell'uso a cui il legname è destinato. Al legname apparecchiato in tal modo può darsi il nome generico di *legname squadrato* quando da ciascun fusto è ricavato un solo pezzo da costruzione, o sia un trave, e la riduzione in questo caso è ordinariamente eseguita per mezzo della sola mannaia dai medesimi tagliaboschi, e dicesi *squadratura* del legname. La parola *riquadratura* ha nell' arte un significato diverso, ed esprime le misure dell'uno e dell'altro lato insieme della sezione del trave. Così se un trave ha un lato della sua sezione di m. 0,24, e l'altro lato di m. 0,15, si dice che ha la quadratura di 24 e 15 centimetri. Quando poi i fusti sono divisi per mezzo di tagli longitudinali in più parti, il taglio, eseguendosi per mezzo della sega, dicesi *segatura*; ed il legname così preparato chiamasi *legname segato*. Il lato minore della sezione di un legno apparecchiato nell'uno o nell' altro modo, o sia la minore delle due dimensioni della riquadratura, costituisce la grossezza del pezzo; il lato maggiore della sezione, o vogliam dire la maggior dimensione della riquadratura, determina la sua larghezza.

§. 191. Per una generale convenzione tacitamente invalsa nelle costruzioni e nel commercio del legname, questo viene distinto in quattro classi secondo le grossezze diverse dei pezzi apparecchiati, indipendentemente dalle lunghezze e dalle larghezze.

1.° Alla prima classe appartengono quei legni che hanno la grossezza non minore di m. 0,20; e diconsi *travi.*

2.° Alla seconda quelli che hanno la grossezza compresa fra m. 0,20 e m, 0,10, e chiamansi *travicelli.*

3.° La terza classe comprende quei legni, la cui grossezza è fra m. 0,10, e m. 0,04; e si denominano *tavoloni* o *panconi.*

4.° Finalmente, nella quarta si comprendono quelli, che hanno la grossezza minore di m. 0,04; e diconsi *tavole* o *assi.*

§. 192. Le consuetudini, o gli Statuti municipali, stabiliscono nelle principali piazze di commercio le dimensioni del legname per le diverse classi suddivise in più minuto assortimento. Presentiamo qui appresso in due separate tabelle le denominazioni e le dimensioni usuali del legname d'assortimento per le due piazze di Roma e di Venezia, le quali possono servire di principal norma agl'Ingegneri dello Stato Romano; essendo desiderabile che pei legnami territoriali le province si accostumino a conformarsi allo stile della capitale; ed essendo indispensabile di adattarsi allo stile di Venezia pel legname di larice, e per quello d'abete, che dal littorale veneto viene trasmesso, già apparecchiato, alle nostre province sulla costa dell'Adriatico.

La tabella I. offre il prospetto delle denominazioni e delle dimensioni del legname d'assortimento secondo le consuetudini della piazza di Roma (1). Le dimensioni sono espresse in misura romana ed in misura metrica; avvertendo che il palmo romano architettonico equivale, con grandissima approssimazione, a m. 0,2234, ed è diviso in dodici once, e ciascuna di queste in cinque minuti.

La tabella II. contiene la nomenclatura e le misure del legname per la piazza di Venezia (2). Anche in questa sono notate le dimensioni tanto in misura veneta, quanto in misura metrica. Il piede veneto corrisponde molto prossimamente a m. 0,3474, e si divide in dodici once o pollici (*).

(1) Masi — *Teoria e pratica di architettura civile* — Appendice II.
(2) Stratico — *Vocabolario di marina* — Artic. — *Legname.*
(*) La tabella III, nuovamente aggiunta a quest'edizione, contiene la nomenclatura e le misure del legname per la piazza di Milano. Si sono notate le dimensioni tanto in misura milanese, quanto in misura metrica. Il braccio milanese (che si divide in dodici once) si è ritenuto con molta approssimazione eguale a metri 0,595.

TABELLA I.

Denominazioni e dimensioni del legname d'assortimento per la piazza di Roma.

classificazione	Denominazioni usuali d'assortimento	lunghezza		larghezza		grossezza		Avvertenze
		palmi romani	metri	once romane	metri	once romane	metri	
travi di castagno	Corda	50	11,17	»	»	24,0	0,447	Le grossezze assegnate alle travi debbono sussistere a distanza di dieci palmi, o sia met. 2,234 dal piede, cioè dall'estremità più grossa. Le travi che hanno una lunghezza maggiore della tabulare si denotano con l'aggiunto *rinforzati*. Così corda rinforzata vuol dire una corda più lunga di palmi 50, cioè di met. 11,17; ec.
	Cordicella	45	10,05	»	»	18,0	0,335	
	Legnotto	40	8,94	»	»	15,0	0,279	
	Arcareccio	35	7,82	»	»	12,0	0,223	
	Carrareccio	30	6,70	»	»	10,0	0,186	
	Colonna d'un palmo	14	3,13	»	»	12,0	0,223	
	Colonna di dieci once	14	3,13	»	»	10,0	0,186	
travicelli di castagno	Travicellone	25	5,59	»	»	8,0	0,149	
	Filagnone	24	5,36	»	»	7,0	0,130	
	Filagna di mezzo palmo	20	4,47	»	»	6,0	0,111	
	Filagna di cinque once	20	4,47	»	»	5,0	0,093	
	Palombello	15	3,35	»	»	6,0	0,111	
	Travicello da sedici	16	3,57	»	»	6,0	0,111	
	Travicello da tredici	13	2,90	»	»	5,0	0,093	Oltre il castagno, di cui è massimo l'uso, i legnami diversi più comunemente usati in Roma sono il pioppo, volgarmente detto *albuccio*, l'olmo, il pino, il noce, il pero, il sorbo, ec.
tavoloni di castagno	Travicelletto da sedici	16	3,57	»	»	4,0	0,074	
	Travicelletto da tredici	13	2,90	»	»	3,0	0,056	
	Limoncello	»	»	»	»	3,0	0,056	
	Piana da quindici .	15	3,35	6,0	0,111	3,0	0,056	
	Piana da dodici . .	12	2,68	6,0	0,111	3,0	0,056	
tavole di castagno	Tavola da solaio . .	9	2,01	»	»	1,5	0,028	Pel tavolone le dimensioni notate sono le minime che possa avere. Se la lunghezza d'un tavolone è minore di palmi 12 esso si distingue col nome di *mozzetta*. Il tavolone ricavato dal mezzo d'un fusto dicesi *mozzareccia*; i laterali chiamansi *asciatoni*.
	Regolo da solaio . .	0	2,01	4,0	0,074	1,0	0,019	
	Tavolone	»	2,68	»	»	6,0	0,111	
tavoloni di legni diversi	Fetta di sei once . .	»	»	»	»	6,0	0,111	
	Fetta di tre once .	»	»	»	»	3,0	0,056	
	Tavola di mezza grossezza	»	»	»	»	3,0	0,056	
	Tavola del sesto . .	»	»	»	»	2,0	0,037	
tavole di legni diversi	Tavola interzata . .	»	»	»	»	1,6	0,030	
	Tavola ordinaria . .	»	»	»	»	1,2	0,022	
	Tavola mezzanella .	»	»	»	»	0,6	0,011	

TABELLA II.

Denominazioni e dimensioni del legname d' assortimento per la piazza di Venezia.

classificazione	Denominazioni usuali d' assortimento	lunghezza		larghezza		grossezza		Avvertenze
		palmi veneti	once	once venete	metri	once venete	metri	
travi di larice	Scalone di massima riquadratura . . .	30	10,42	18,0	0,521	18,0	0,521	Quei travi e quei travicelli, dei quali sono notate la massima e la minima riquadratura, si trovano nell' assortimento anche per tutte le riquadrature intermedie.
	Piana di massima riquadratura	20	6,95	18,0	0,521	18,0	0,521	
	Bordonale di massima riquadratura .	22	7,64	13,0	0,376	13,0	0,376	
	Piana di minima riquadratura	20	6,95	8,0	0,232	8,0	0,232	
	Bordonale di minima riquadratura . . .	22	7,64	8,0	0,232	8,0	0,232	
	Scalone di minima riquadratura . . .	30	10,42	7,0	0,203	7,0	0,203	
	Rullo di massima riquadratura	22	7,64	7,0	0,203	7,0	0,203	Le piane, i zappoli, e le chiaveselle di larice si trovano nell'assortimento anche di piedi 18 o sia m. 6, 25 di lunghezza. Gli scaloni si trovano anche di 35 e 40 piedi.
	Zappolo	20	6,95	7,0	0,203	7,0	0,203	
travicelli di larice	Scalotto di massima riquadratura . . .	30	10,42	6,0	0,174	6,0	0,174	
	Scalotto di minima riquadratura . . .	30	10,42	5,0	0,145	5,0	0,145	
	Scaloncino.	30	10,42	4,0	0,116	4,0	0,116	
	Chiave	30	10,42	3,0	0,087	3,0	0,087	
	Rullo di minima riquadratura	22	7,64	3,0	0,087	3,0	0,087	
	Chiavesella	20	6,95	3,0	0,087	3,0	0,087	
	Morale.	12	4,17	3,0	0,087	3,0	0,087	
travi d' abete	Scalone di massima riquadratura . . .	40	13,90	18,0	0,521	18,0	0,521	
	Detto	35	12,16	18,0	0,521	18,0	0,521	
	Scalmo di massima riquadratura . . .	30	10,42	18,0	0,521	18,0	0,521	
	Rullo o bordonale .	22	7,64	15,0	0,434	15,0	0,434	Le chiaveselle d'abete si trovano nell' assortimento anche di piedi 18 di lunghezza.
	Scalone di minima riquadratura . . .	40	13,90	7,0	0,203	7,0	0,203	
	Detto	35	12,16	7,0	0,203	7,0	0,203	
	Scalmo di minima riquadratura	30	10,42	7,0	0,203	7,0	0,203	
travicelli d'abete	Scalmotto	30	10,42	6,0	0,174	6,0	0,174	Gli sfiladoni arrivano nell'assortimento fino ad once 18 di larghezza, e così pure i ponti e le tavole. Le scurette giungono fino a 16 once, e le palanche fino a 10 once di larg. Si omettono altri articoli dell' assortimento i quali sono meno ricercati.
	Scaloncino.	30	10,42	5,0	0,145	5,0	0,145	
	Chiave	30	10,42	4,0	0,116	4,0	0,116	
	Chiavesella	22	7,64	3,0	0,087	3,0	0,087	
	Morale.	12	4,17	3,0	0,087	3,0	0,087	
tavoloni	Sfiladone	12	4,17	10,0	0,290	»	»	
	Scuretta	12	4,17	7,0	0,205	»	»	
	Palanca	12	4,17	8,0	0,232	»	»	
tavole	Ponte	12	4,17	8,0	0,232	1,5	0,043	
	Mezzo morale. . . .	12	4,17	8,0	0,087	1,5	0,043	
	Tavola.	12	4,17	8,0	0,232	0,5	0,014	

TABELLA III

Denominazione e dimensione del legname d'assortimento per la piazza di Milano.

classificazione	Denominazioni usuali d'assortimento	lunghezza		larghezza		grossezza		Avvertenze
		braccia milanesi	metri	once milanesi	metri	once milanesi	metri	
Travi di larice	Travi ovvero someri	24	14,280	10	0,495	8	0,396	*Nell'assortimento se ne trovano alcune di maggior lunghezza.*
		20	11,900	9	0,446	7	0,347	
		18	10,710	8	0,396	6	0,297	
		16	9,520	7	0,347	5	0,247	
		14	8,330	6	0,297	4	0,198	
		13	7,735	5	0,247	4	0,198	
		12	7,140	4	0,198	3	0,148	
terzere di larice	Arcarecci o terzere	16	9,520	6	0,297	6	0,297	*Se sono cilindriche, la loro grossezza è il diametro.*
		14	8,330	5	0,247	5	0,247	
		12	7,140	4	0,198	4	0,198	
		10	5,950	3 1/2	0,173	3 1/2	0,173	
travellame di larice	Riquadrature	6	3,570	4	0,198	4	0,198	
		a 9	5,355	3	0,148	3	0,148	
	Travettoni	6	idem	3 1/2	0,173	2 1/2	0,123	*In questa categoria sono i rifessi; i quali hanno solo due fili, essendo gli altri smussi.*
	Travotti	a	3,570	3	0,148	2	0,099	
	Panconcelli o travetti	9	5,355	2 1/2	0,123	1 3/4	0,085	
	Costoni	idem	idem	2	0,099	1	0,049	
	Grondali	idem	idem	2	0,099	1	0,049	*Cioè il costone tagliato diagonalmente.*
	Correntini o cotichette	4 a 7	2,380 a4,165	1	0,049	— 1/2	0,024	
travi di rovere	Travi o someri	24	14,280	10	0,495	10	0,495	
		20	11,900	9	0,446	9	0,446	
		18	10,710	8	0,396	8	0,396	
		16	9,520	7	0,347	7	0,347	
		14	8,330	6	0,297	6	0,297	
sì di rovere che di abete (*)	Terzere e comignoli	16	9,520	6	0,297	6	0,297	*Nelle così dette borre la misura della larghezza e grossezza è il diametro.*
		14	8,330	5	0,247	5	0,247	
		12	7,140	4	0,198	4	0,198	
		10	5,950	3 1/2	0,173	3 1/2	0,173	
	Riquadratura di abete	6	3,570	4	0,198	4	0,198	
		a 9	5,355	3	0,148	3	0,148	
tutti di abete	Travettoni	idem	idem	3 1/2	0,173	2 1/2	0,124	
	Travotti	idem	idem	3	0,148	2	0,148	
	Travetti	idem	idem	2 1/2	0,123	1 3/4	0,123	
	Costoni	idem	idem	2	0,099	1	0,099	
	Grondali	idem	idem	2	0,099	1	0,099	*Cioè il costone tagliato diagonalmente.*
	Cotiche	4 a 7	2,380 a4,165	1	0,049	— 1/2	0,049	

classificazione	Denominazioni usuali d'assortimento	lunghezza: braccia milanesi	lunghezza: metri	larghezza: once milanesi	larghezza: metri	grossezza: once milanesi	grossezza: metri	Avvertenze
asse di rovere	*Assoni di rovere*	5 a 6	2,975 a 3,570	6 a 15	0,297 0,743	1 1/2	0,073	
		idem	idem	idem	idem	1 1/4	0,061	
		4 a 6	2,380 a 3,570	idem	idem	1	0,049	
	Terziroli	idem	idem	idem	idem	» 3/4	0,036	
	Assi dette mercanzia	idem	idem	idem	idem	» 1/2	0,024	
asse di noce	*Assoni di noce* .	4 a 8	2,380 4,760	idem	0,743	1 1/2	0,073	*Le assi di noci, roveri ed anche di pioppo, si misurano a quadretto, perchè l'accrescimento si computa anch'esso.*
		idem	idem	idem	idem	1 1/4	0,073	
		idem	idem	idem	idem	1	0,049	
	Terziroli	idem	idem	idem	idem	— 3/4	0,036	
	Assi dette mercanzia	idem	idem	idem	idem	— 1/2	0,024	
	Assi dette d'imballatore . .	idem	idem	idem	idem	— 1/4	0,012	
larice, abete e pioppo	*Assoni di larice abete e . . . pioppo*	5 a 6	2,975 a 3,570	idem	idem	1 1/4	0,061	
		idem	idem	idem	idem	1	0,049	
	Terziroli	idem	idem	idem	idem	— 3/4	0,036	
	Assi dette mercanzia	idem	idem	idem	idem	— 1/2	0,024	
	Assi dette d'imballatore . .	idem	idem	idem	idem	— 1/4	0,012	

Ingegnere *A. G. Noè.*

(*) Propriamente quella specie di pino selvatico chiamato dai Naturalisti *Pinus Picea*, e detto in molti luoghi di Lombardia *Pecchia*.

§. 193. Per l'architettura navale, per la costruzione delle macchine e per molte occorrenze nell'arti secondarie, nasce non di rado il bisogno di qualche membro di una particolare configurazione, e di determinate dimensioni, tale che non può ottenersi nè con l'incurvamento artificiale, nè col taglio dei pezzi somministrati dall'ordinario assortimento. In tali casi è forza di far ricerca nei boschi di fusti adattati, i quali si atterrano e si destinano espressamente a quelle particolari bisogne. Ed è appunto per questo un importante articolo del buon regolamento dei boschi che si abbia cura di educare opportunamente alcune piante, costringendole a prendere nel loro sviluppo tale o tal altra configurazione, a norma delle prevedibili ricerche, ed a seconda delle commissioni degli artefici e delle ordinazioni degl'ingegneri applicati ai diversi rami dell'arte delle costruzioni.

§. 194. Per eseguire la squadratura d'un fusto, volendone ricavare un solo trave (§. 190), bisogna in prima segnare sulla sua superficie le tracce dei tagli. A tale effetto il fusto MN (fig. 20), che deve essere squadrato, si colloca sopra due, o più pezzi di legno X, Z, che possono chiamarsi *scanni*, *cuscini*, o anche *cantieri*, e spogliatolo della corteccia, si spianano con la sega le due estremità in modo, che le due basi riescano fra loro parallele più prossimamente che sia possibile, non essendo sperabile, nè assolutamente necessario, in simili operazioni materiali, una geometrica esattezza. Si trovi il centro o della base minore e per mezzo d'un piombino LP, si segni sulla base medesima una linea verticale che passi pel centro medesimo; e tenendo questa per norma s'inscriva nel circolo il rettangolo $abcd$, che abbia i due lati ad, bc orizzontali e gli altri due ab, dc verticali. Si passi alla base maggiore del fusto, e trovato il suo centro ω per esso si conduca una linea verticale mediante il piombino ΛΠ. Quindi intorno al centro ω si descriva un rettangolo $\alpha\beta\gamma\delta$ uguale al rettangolo $abcd$, il quale abbia i lati $\alpha\delta$, $\beta\gamma$ orizzontali, e gli altri due $\alpha\beta$, $\gamma\delta$ verticali; e si prolunghino i due lati $\alpha\beta$, $\delta\gamma$ finchè incontrino la circonferenza nei punti A, B, C, D. Segnando con un cordino di lana tinto di rosso o di nero, giusta la nota pratica dei segatori, sulla superficie del fusto le quattro linee Aa, Bb, Cc, Dd, saranno queste le giuste tracce dei due primi tagli da farsi per la squadratura del fusto.

Per l'effettiva squadratura, dopo che il fusto è stato segnato nel modo descritto, il tagliatore vi monta sopra, e comincia dall'incidere sui fianchi con la scure delle tacche distanti l'una dall'altra sei in otto decimetri, e così profonde che arrivino sino al piano verticale che passa per le rispettive due tracce laterali. Ciò fatto discende a terra, e distacca a colpi di scure le schegge, o segmenti cilindrici rimasti fra una tacca e l'altra, il che dicesi *sbozzare*, e *sgrossare* le facce del fusto; le quali in appresso vengono diligentemente ripulite e spianate per mezzo di una mannaia più larga. Quindi si rivolta il fusto facendo sì che posi sui cantieri una delle facce già formate, e segnate col cordino di lana le quattro linee $a\alpha$, $b\beta$, $c\gamma$, $d\delta$, si ripete il lavoro descritto per formare le altre due faccie, e così compire la squadratura.

Può la squadratura delle travi eseguirsi ancora facendo passare la sega per le tracce segnate come si è detto sulla superficie del fusto. Questo metodo è più costoso dell'altro che abbiamo descritto, se si consideri la sola spesa di mano d'opera. Ma se si voglia tener conto del valore dei segmenti cilindrici che si distaccano dal fusto per isquadrarlo, i quali non possono

esser buoni che da bruciare quando sono levati via con la scure, mentre possono avere qualche uso nelle costruzioni allorchè sono staccati interi per mezzo dalla sega, si comprenderà facilmente che può esservi qualche caso in cui, malgrado la maggiore spesa di mano d'opera, la squadratura a sega riesca più proficua della squadratura eseguita per mezzo della scure.

§. 195. Se abbiasi da squadrare un fusto ricurvo bisogna primieramente avvertire di collocarlo sui cantieri in modo, che riesca verticale il piano in cui giace il suo asse, e che la convessità sia rivolta al di sopra. Quindi, segnata la squadratura sull'una e sull'altra base, e segnate sulla superficie del fusto le corrispondenti tracce (§. 193), si eseguisce lo spianamento delle due facce laterali per mezzo della scure o della sega (§. 194). Dopo di ciò, rivoltato il fusto, si segnano sulle due facce già formate le tracce rettilinee concorrenti AB, BC, *ab*, *bc*, (fig. 21) per dividere il fusto in due tronchi diritti AB*ba*, BC*cb*, o in un maggior numero di tronchi, se la curvatura del fusto lo esige. Ma se la curvatura fosse assai forte, e non vi si potessero inscrivere se non che corti segmenti rettilinei, sarìa più conveniente di tracciare per mezzo di opportune sagome o *garbi* sulle facce spianate qualche taglio curvilineo AMBNC, *ambnc*, per ottenere così una trave ricurva da destinarsi a qualche occorrenza delle costruzioni navali.

§. 196. Le travi squadrate con quella precisione grafica, che è stata da noi descritta, riescono di somma regolarità, e diconsi squadrate *a filo vivo*, per distinguerle da quelle che sono apparecchiate con una squadratura grossolana, ed in vece di spigoli regolari hanno le facce riunite da segmenti più o meno grandi della superficie cilindrica o conica del fusto. Tali sono per lo più le travi, che si trovano ai magazzini di commercio, atteso l'interesse che hanno i negozianti e di risparmiare la spesa maggiore che si richiede per la più accurata squadratura, e di approfittare nello stesso tempo sul maggior prodotto in volume dei fusti grossolanamente squadrati.

§. 197. La squadratura del legname, allorchè si ha per mira di ritrarre da un medesimo fusto non un solo trave ma più pezzi d'assortimento uguali o disuguali fra loro, siccome si eseguisce essenzialmente per mezzo della sega, così più propriamente dicesi *segatura longitudinale*, e più comunemente *segatura a filo* del legname. Lo scompartimento del fusto si segni prima sulla sua base minore, quindi sulla base maggiore, onde avere sui due perimetri i punti per i quali condurre sulla superficie del fusto le rette, che debbono servir di traccia alla sega. Questa grafica preparazione come possa mandarsi ad effetto facilmente si deduce da tutto ciò, che precedentemente abbiamo spiegato circa la squadratura delle travi (§. 193). Nel segnare lo scompartimento, affinchè i pezzi abbiano a riuscire con esattezza delle dimensioni stabilite, importa di tenere conto del taglio della sega, o sia di quella striscia di legno che vien consumata dalla sega, in ciascheduno dei tagli, la quale suol essere di sei in sette millimetri. Perciò se da un fusto di castagno si volessero segare dei travicelli d'assortimento della grossezza di m. 0,111 (§. 192 tabella I), le tracce della segatura si dovrebbero tenere nello scompartimento distanti l'una dall'altra m. 0,118; e se da un fusto d'abete fosse ordinato di ricavare dei ponti d'assortimento grossi m. 0,043 (§. cit. tab. II) sarebbe d'uopo di segnare le tracce dei tagli a distanza di m. 0,048 l'una dall'altra. Nè tampoco deve trascurarsi, quando si tratta di segare a filo del legname non perfettamente asciutto, di mettere in conto quello stri-

gnimento, che avverrà nei varj pezzi con l'asciugarsi del legno, congetturandone verisimilmente la misura come può suggerire la pratica sul grado maggiore o minore d'umidità del legname. Così nei casi che hanno testè servito d'esempj, se i fusti da segarsi non fossero affatto diseccati, la distanza delle tracce, fissata di m. 0,118 pel taglio dei travicelli, e di m. 0,048 per la segatura dei ponti, dovrebbe essere accresciuta proporzionatamente di qualche millimetro per riguardo alla verisimile contrazione dei pezzi nel successivo asciugamento.

§. 198. Fra le diverse manovre usitate per la segatura a filo del legname; ci limiteremo a descrivere quella, che si costuma più comunemente nei boschi della Francia (1), la quale riunisce in sè la semplicità e la speditezza dell'operazione, e per conseguenza ancora l'economia della spesa.

Ad un cavalletto di legno C (fig. 22) alto circa m. 3, sostenuto da tre o da quattro piedi, è appoggiata la sommità di due legni L L inclinati, posti a contatto l'uno dell'altro, al piede dei quali formano ritegno due o più terraficcoli T. Il fusto da segarsi si accosta al piede di questo piano inclinato, e si colloca in direzione perpendicolare al medesimo, facendo in modo che il suo centro di gravità si trovi prossimamente sulla linea, che divide da capo a piedi per metà la latitudine del piano. Quindi i segatori spingono il fusto sul piano inclinato, e rotolandolo a poco a poco lo fanno salire fino alla sommità. Allora, il fusto trovandosi equilibrato, facilmente si riesce a girarlo, e a fargli prendere una posizione orizzontale parallela a quella dei legni, che compongono il piano inclinato. Posto in tale positura il fusto F F, si rende immobile per mezzo del puntello P, del sostegno S, e dell'allacciatura A A. Si comincia quindi la segatura del fusto sulle tracce anticipatamente segnate, eseguendosi l'operazione da tre individui, dei quali uno montato sul fusto spinge e tira alternativamente l'impugnatura superiore della sega, mentre i due altri tirano e segano alternativamente l'impugnatura inferiore. Il puntello P si trasporta ora più presso ora più discosto dall'estremità del fusto, secondo che è necessario onde non sia d'ostacolo al libero progresso della sega. Per tal modo si eseguiscono tutti i tagli tracciati fino al mezzo del fusto, ove il cavalletto impedisce di progredir oltre col taglio. Ma rendendo libero il fusto, tolto il puntello P, e sciolta l'allacciatura A A, non occorre che di far fare una mezza rivoluzione al fusto medesimo per capovolgerlo, e metterlo in istato di poter soggiacere alla segatura nel resto della sua lunghezza, nell'istesso modo che si è adoperato per segare l'altra metà.

La semplicità e la speditezza di questo metodo risultano dalla semplice descrizione fatta. L'esperienza ha dimostrato che soli tre segatori bastano ad eseguire tutte le manovre necessarie per innalzare, e per assestare qualunque grosso fusto sul quale si abbia da eseguire la segatura a filo.

§. 199. Per la segatura a filo del legname negli arsenali, e nei magazzini mercantili della marina inglese, si tiene un metodo semplicissimo, degno di essere conosciuto, e che sarebbe assai utile di propagare. Destinato opportunamente il luogo per la segatura a filo si scava quivi una fossa di lunghezza illimitata, profonda m. 1,70 circa, larga tanto quanto può essere la massima lunghezza dei fusti da segarsi. Per traverso a questa fossa da una riva all'altra si collocano tante coppie di travi orizzontali quante

(1) Hassenfratz. *Traité de l'art du charpentier*, pag. 131.

sono le seghe che contemporaneamente si vogliono tenere operose. Le travi, quantunque di forte riquadratura, per maggiore solidità si rinforzano con puntelli sottoposti. Le due travi, che debbono servire ad una medesima sega, si collocano a tale distanza l'una dall'altra, che resti fra loro un intervallo libero di circa m. 1,40. Le diverse coppie di travi si dispongono in modo, che ciascuna sega abbia da una parte e dall'altra tanto campo libero quanto è necessario affinchè i segatori delle varie officine non debbano recarsi imbarazzo gli uni con gli altri nelle manovre. Il fusto che si vuol segare a filo è posto sopra una delle coppie di travi in direzione parallela ai medesimi, sorretto da curri di legno messi a traverso delle due travi, e che con essi formano un sistema che dicesi *graticola*. La segatura si eseguisce sul fusto fermato in questa posizione, stando uno dei segatori, secondo il solito, sulla schiena del fusto, e gli altri due dando mano all'opera dal fondo della fossa. Per tale disposizione si gode il vantaggio di evitare la lunga e laboriosa manovra necessaria per mettere i fusti sul cavalletto, come richiedono le altre pratiche comunemente usitate per la segatura a filo; si rende inoltre minore il pericolo a cui sono esposti i segatori in caso di qualche movimento del fusto sottoposto all'operazione; e finalmente per la facilità di tirare orizzontalmente alle rive della fossa i pezzi segati, si sottraggono questi da quei guasti a cui vanno soggetti ordinariamente nelle pratiche comuni quando si fanno cadere dai cavalletti di mano in mano, che si distaccano dal fusto segato (1).

§. 200. Quando si sottopone alla squadratura un fusto con la mira di ricavarne una sola trave, a meno che il rapporto fra la larghezza e la grossezza della sua sezione non venga determinato da qualche condizione dipendente da una particolare destinazione del pezzo, giova di fissarlo in modo, che dalla squadratura del fusto risulti la trave di massima resistenza rispettiva; essendo questa specie di resistenza che ordinariamente occorre di cimentare nell'impiego del legname di questa classe. Ma allorchè la squadratura di un fusto non è che un'operazione preparatoria, tendente a predisporre il fusto medesimo alla segatura longitudinale per l'oggetto di formare travicelli, tavoloni e tavole, lo scopo interessante è quello di ricavare dal fusto la massima quantità di legname. Quindi a seconda che si ricerca di rendere la squadratura di massimo vantaggio per l'uno o per l'altro dei due casi contemplati, a fine di saper segnare la squadratura in modo di soddisfare all'una o all'altra condizione, s'incorre nella necessità di risolvere i due seguenti problemi. Fra tutti i parallelepipedi che possono inscriversi in un dato fusto cilindrico determinare: 1.° quello la di cui resistenza rispettiva è massima, 2.° quello che ha il massimo volume. I principj della geometria e della meccanica aprono facilmente la strada alla soluzione dell'uno e dell'altro problema.

§. 201. Vogliasi primieramente inscrivere nel cilindro il parallelepipedo che ha la massima resistenza rispettiva. Sieno c la lunghezza del cilindro, r il raggio della sua base; e dicansi x, y i due lati della sezione del parallelepipedo cercato. Essendo la lunghezza c del solido costante, la resistenza rispettiva di questo sarà proporzionale (§. 159, n.° 1) ad $x^2 y$. Ma poichè x ed y sono i lati di un rettangolo inscritto nel circolo che ha per

(1) Stratico. *Vocabolario di marina*. Artic. *Legname*.

raggio r, si avrà $x^2 = 4r^2 - y^2$; e quindi la resistenza rispettiva sarà proporzionale a $4r^2y - y^3$. Ponendo uguale a zero il differenziale di questa espressione, per le note leggi dei massimi e dei minimi, si avrà un' equazione, la quale farà conoscere quel valore di y a cui corrisponde il valore massimo dell' espressione medesima, e quindi il massimo valore della resistenza rispettiva. Onde eseguendo il calcolo si ha $4r^2 - 3y^2 = 0$, e quindi si ricava $y = \frac{2r}{\sqrt{3}}$, ed $x = \frac{2r\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$. Tali sono i valori analitici dei due lati della sezione del parallelepipedo di massima resistenza, o sia della larghezza e della grossezza del trave di massima resistenza inscritto nel dato fusto cilindrico. Si vede a colpo d' occhio che questi valori stanno l' uno all' altro nel rapporto di $1 : \sqrt{2}$, o sia prossimamente di $5 : 7$. Potrebbe agevolmente ricavarsi dalle formole analitiche un metodo grafico ben semplice per segnare sulla base del fusto quel rettangolo a cui corrisponde il trave più resistente: ma dovendo ordinariamente l' operazione essere affidata a persone materiali, riesce più confacente agli usi pratici la determinazione numerica dei lati del rettangolo dedotta dalle precedenti formole, le quali danno con soddisfacente approssimazione $y = 1{,}155\,r$, ed $x = 1{,}633\,r$. Così se fosse da squadrarsi un fusto di cui la base minore avesse di raggio m. 0,17, per la trave di massima resistenza si troverebbe la larghezza di m. 0,196, e la grossezza di m. 0,278; e questa semplice indicazione basterebbe agli esperti segatori per eseguire secondo le loro pratiche ordinarie la squadratura del fusto.

§. 202. Debbasi in secondo luogo inscrivere in un dato fusto cilindrico la trave di massimo volume. Questo problema si risolve così prontamente come l' altro. In fatti, poichè è costante la lunghezza del solido, manifestamente la soluzione si riduce ad inscrivere nella base del cilindro quel rettangolo, che ha la massima superficie; e quindi ritenute le medesime denominazioni date nel paragrafo antecedente al raggio del cilindro, e ai due lati del rettangolo ricercato, la funzione di cui si dovrà cercare il massimo sarà xy, o sia $y\sqrt{(4r^2 - y^2)}$. Adoperando la solita regola dei massimi e dei minimi si verrà con breve calcolo a conoscere che il massimo rettangolo che possa inscriversi nel circolo è quello che ha il lato $y = \sqrt{2r^2}$, e quindi anche l' altro lato $x = \sqrt{2r^2}$; che è quanto dire che il massimo rettangolo cercato è il quadrato inscritto nel circolo. Pei primi elementi della geometria è noto come ad un dato circolo possa inscriversi un quadrato, e quindi quale costruzione grafica occorrerà di fare sulla base di un fusto cilindrico a fine di segnarvi le tracce della squadratura in modo di ottenerne la trave del massimo volume.

§. 203. Se la base del fusto cilindrico da squadrarsi invece di essere un circolo fosse un' elissi, e fossero a il semiasse maggiore, b il semiasse minore di questa, applicando ai due problemi le soluzioni medesime, che hanno servito nel caso della base circolare, si verrebbe a scoprire:

1.° Che la squadratura del fusto darebbe la trave di massima resistenza rispettiva qualora venisse inscritto nella base un rettangolo i di cui lati fossero rispettivamente $y = \frac{2b}{\sqrt{3}}$, $x = \frac{2a\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ i quali sono fra loro come $b : a\sqrt{2}$, o sia prossimamente come $5b : 7a$.

2.° Che per mezzo della squadratura si otterrebbe la trave del massimo volume inscrivendo nella base del fusto un rettangolo che avesse i

lati $y = b\sqrt{2}, x = a\sqrt{2}$, i quali sono l'uno all'altro come $b : a$, vale a dire nel rapporto dei due semiassi.

§. 204. Sebbene la figura naturale dei fusti sia rigorosamente conica (§. 141), tuttavia si considera per l'ordinario nella squadratura come se fosse cilindrica, attesochè generalmente è assai piccola la differenza che passa fra i raggi delle due basi. Ma se qualche fusto avesse le due basi molto disuguali, e si volesse squadrare per ricavarne un trave sotto la condizione o della massima resistenza rispettiva o del massimo volume, le precedenti soluzioni non farebbero più al caso, e diverrebbe essenziale di considerare nel calcolo anche la lunghezza della trave. In fatti è chiaro che nel fusto conico A B C D (fig. 23) non solo possono inscriversi tutti quei parallelepipedi, che corrispondono agli infiniti rettangoli inscritti nella base minore C D, ma ben anche tutti quelli, che corrispondono agli infiniti rettangoli inscritti in qualunque sezione M N parallela alle basi. Quindi in queste infinite serie d'infiniti parallelepipedi si dovrebbe ricercare quello, che soddisfa alle proposte condizioni di massimo. Quanto alla condizione della massima resistenza rispettiva, a prima vista si scorge, ch'essa in questo caso non potrebbe aver luogo, poichè la resistenza rispettiva, la quale è proporzionale al quadrato del raggio, ed inversamente alla lunghezza del cilindro (§. 159 n.° 5), diviene progressivamente maggiore di mano in mano che si accorcia la lunghezza H K, e che insieme va crescendo il raggio M K. Può bensì avverarsi la condizione del massimo volume; e la ricerca per questo riguardo si riduce a determinare fra gl'infiniti cilindri, che possono essere inscritti nel tronco conico, quello che ha il massimo volume, poichè evidentemente anche il parallelepipedo a base quadrata (§. 202) inscritto in tale cilindro sarà la trave di massimo volume che potrà ricavarsi dal dato fusto.

§. 205. Sia M N P Q uno degli infiniti cilindri che possono essere inscritti nel fusto conico A B C D. Prolungati i lati A D, B C del fusto finchè concorrano nel vertice X, sieno c la lunghezza H X dell'intero cono, r il raggio H B della sua base; e dicasi x la distanza della sezione M N base del cilindro inscritto dal vertice X. Dalla similitudine dei due triangoli A H X, N K X immediatamente si ricava $NK = \frac{rx}{c}$; onde essendo $HK = c - x$, il volume del cilindro sarà espresso da $HK(KN)^2 . \pi = \frac{r^2 \pi (c-x) x^2}{c^2}$. Differenziando questa espressione per determinare quel valore di x a cui corrisponde il cilindro di massimo volume, si avrà l'equazione $2c - 3x = 0$, o sia $x = \frac{2c}{3}$. Se dunque si prenderà $XK = \frac{2}{3} XH$, ovvero $HK = \frac{1}{3} XH$, e si segherà il fusto nel punto K con una sezione M N parallela alle basi; sarà questa sezione la base del massimo cilindro, che può essere inscritto nel fusto conico. Onde se nella sezione M N s'inscriverà un quadrato sarà questo la base del massimo parallelepipedo, o sia del massimo trave, che può ricavarsi dal dato fusto conico. Qualora poi questo avesse la lunghezza $HK > \frac{1}{3} XH$, è evidente, che non sarebbe necessario di scorciarlo, e che si avrebbe da esso il massimo trave con iscrivere un quadrato nella sua base minore C D.

Nella pratica non è necessario per determinare la lunghezza H X dell' intero cono di prolungare i lati A N, B M del fusto, ma chiamato s il raggio della base minore C D, ed l la lunghezza H L del fusto medesimo è chiaro che sarà $HX = \frac{l\,r}{r-s}$: onde per avere il masssimo trave si dovrà prendere $HK = \frac{lr}{3(r-s)}$.

§. 206. Ordinariamente i fusti destinati ad essere segati a filo vengono prima squadrati, e quindi tagliati per mezzo della sega con tagli paralleli da uno dei lati della squadratura, come si osserva nella fig. 24. Ma questo metodo è contrario all' economia del legname, poichè i segmenti cilindrici che si distaccano dal fusto per isquadrarlo (§. 194) sono affatto perduti per le costruzioni se la squadratura si eseguisce con la scure, e pochissimo utile se ne trae pe' lavori anche quando sono levati via interi per mezzo della sega; nel qual caso diconsi volgarmente *scorzi*. Gioverà dunque di omettere la squadratura di quei fusti, che sono riserbati alla segatura longitudinale, e di regolare il loro scompartimento in modo, che si possa ottenere da ciascun fusto il maggior possibile volume di legname lavorativo diviso in pezzi convenientemente assortiti. La fig. 25 dimostra lo scompartimento d' un fusto giusta la foggia, che fu immaginata da Moreau, negoziante di legname in Parigi, per mezzo della quale si evita la perdita degli scorzi, e con la segatura di un solo fusto si ottengono pezzi di vario assortimento. Le fig 26 e 27 danno idea del modo praticato negli arsenali dell' Olanda ove i grossi fusti si squartano in quattro (fig. 26), o in tre parti (fig. 27) e quindi si segano a filo con tagli rispettivamente paralleli ai raggi, dai quali sono divisi per metà i settori circolari, che costituiscono le basi dei diversi quarti di fusto. Si calcola che col metodo di Moreau possa ottenersi una quantità di legname, che sia nel rapporto di 3 : 2 alla quantità di legno lavorativo, che si ricava segando i fusti secondo lo stile comune; e che stia nel rapporto di 7 : 6 alla quantità di legname, che vien data dal processo olandese (1).

§. 207. Riducendo i fusti in tavoloni e in tavole secondo il menzionato metodo di Moreau, o a tenore dell'accennata pratica olandese, non solo si avvantaggia nella quantità, ma anche nella bontà del legname, in quanto che questo si rende meno soggetto a quelle alterazioni, le quali dipendono dall' influenze igrometriche dell'atmosfera. Oltre che di ciò ha dato prova l' esperienza, se ne può anche addurre una fisica dimostrazione; in fatti è noto (§. 142.) che il corpo legnoso d' un fusto è traversato dai raggi midollari detti comunemente maglie, che vanno dal centro alla circonferenza della sezione, siccome apparisce nella fig.ª 19; le quali maglie, giusta le osservazioni de' fitologi, servono di veicolo agli umori nutritivi della pianta e sono formati d' una sostanza spugnosa, oltremodo sensibile alle variazioni igrometriche dell' atmosfera; onde sono gli organi principali per cui il legname alternativamente si gonfia e si contrae, secondo il diverso stato d' umidità o di siccità dell' aria (§. 178). Ora non v'ha dubbio che quelle maglie, le quali nella segatura riescono parallele, o prossimamente tali alla latitudine d' un talvolone o d' una tavola, mentre alternativamente si gon-

(1) Hassenfratz — *Traité de l' art du charpentier*. pag. 135.

fiano e si contraggono non possono far variare se non che la grossezza del legno: intanto che quelle altre maglie, le quali sono perpendicolari alla latitudine, fanno alternamente crescere e diminuire il legno in larghezza; e poca essendo l' estensione per cui reagisce in questo verso la coesione delle fibre, ne derivano i frequenti screpoli e gl' incurvamenti dei tavoloni, e molto più ancora delle tavole. Nel metodo ordinario di segare a filo (fig. 24), il tavolone di mezzo ha pochissime maglie perpendicolari alla latitudine, e quindi di poca o di niuna vaglia potranno essere in esso gli effetti dell'igrometricità atmosferica. Ma gli altri pezzi, e sempre più di mano in mano che si discostano dal centro, sono intersecati da una moltitudine di maglie perpendicolari alle rispettive latitudini, e debbono perciò essere gradatamente uno più dell' altro sottoposti alle alterazioni, che, siccome abbiamo avvertito, derivano dall' alternativa dilatazione e contrazione del legno. Il processo di Moreau (fig. 25), e quello degli Olandesi (fig. 26 e 27) tendono naturalmente, siccome se ne può restare convinti dalla semplice ispezione delle figure, a far sì, che indistintamente tutti i pezzi abbiano il minor numero possibile di maglie perpendicolari alle latitudini rispettive, e quindi riescano meno soggetti alle dannose conseguenze delle vicende igrometriche dell' atmosfera.

Si conferma pertanto dalle premesse considerazioni il maggior vantaggio che potrebbe ricavarsi dal preferire il metodo di Moreau, o quello degli Olandesi, al metodo comune per la segatura a filo del legname; e si raccoglie altresì la convenienza di scegliere fra i tavoloni e fra le tavole segate secondo lo stile ordinario quelle, che sono ricavate dalle parti di mezzo dei varj fusti.

CAPO IV.

TRASPORTO E CONSERVAZIONE DEL LEGNAME.

§. 208. Il legname si estrae dalle foreste, e si trasporta agli arsenali dello Stato, o ai magazzini di commercio, ov' è tenuto in serbo pe' bisogni delle costruzioni. Le pratiche del trasporto e della conservazione del legname interessano in particolar modo l' architettura per la molta influenza, che possono avere sull' alterazione o sul mantenimento di quelle qualità, dalle quali essenzialmente dipende l' idoneità del legname agli usi architettonici. Non vogliamo perciò tralasciare di riferire alcune principali avvertenze a questo proposito, il quale somministrò al benemerito Duhamel materie di belle osservazioni, ed argomento di un utilissimo trattato (1).

§. 209. Ridonderebbe grave pregiudizio alla qualità del legname se i fusti si abbandonassero per lungo tempo nel bosco, dopo che sono stati atterrati, in balìa dell'umidità del terreno, e delle vicende atmosferiche. Oltre di che una riflessione economica, analoga a quella, che si fece relativamente alla stagione più opportuna per l' atterramento degli alberi (§. 186), ed altre considerazioni spettanti al governo e al mantenimento dei boschi, concorrono a dimostrare la necessità che il legname venga levato dalla campagna, e trasportato ai luoghi di deposito prima che sia trascorsa l'invernale stagione.

(1) *Du transport, de la conservation, et de la force du bois.* — Paris 1767.

§. 210. Nell'Inghilterra, all'opposto di quanto si pratica nell' altre contrade dell' Europa, ove ordinariamente i fusti atterrati non si traducono via dalle foreste se prima non sono stati squadrati, si ha il costume di spogliare soltanto i fusti abbattuti di tutta la corteccia, se già non erano stati scortecciati in piedi, di tagliare i nocchi e l' altre prominenze, che potrebbero esser d' impaccio nel trasporto, e quindi di mandarli subito ai luoghi di deposito rotondi e greggi con tutto l' alburno. Lo Stratico (1) nel decantare una tal pratica la raccomanda per i seguenti motivi.

1.° L' alburno serve di difesa al corpo legnoso finchè rimane sulla campagna, e mentre viene trasportato ai depositi; ed impedisce che venga danneggiato dall' intemperie della stagione, dal contatto del terreno umido, e dal dente degli scarabei, e d' altri insetti voraci.

2.° I fusti giugnendo agli arsenali rotondi e greggi si destinano prima di squadrarli agli usi, cui per le loro dimensioni e per le loro forme sono più adattati; e molti tronchi o per la naturale curvatura, o per la configurazione delle loro estremità si destinano ad alcuni usi dell' architettura navale, per i quali avrebbero cessato di essere idonei se fossero stati squadrati in campagna; onde fra i legni squadrati diverrebbe necessario d' impiegare per quei medesimi usi dei pezzi di maggiore riquadratura. Quindi il sistema di squadrare i fusti nel bosco produce una perdita di legname, ed un soverchio di spesa a confronto della pratica inglese.

3.° L' inviluppo dell' alburno fa sì che il diseccamento del legname non è troppo rapido, ed oppone anche un ostacolo meccanico alle fenditure del legno (2).

§. 211. Il trasporto del legname dalle macchie ai luoghi di deposito si può eseguire o per terra o per acqua. Nel trasporto per terra s' impiegano adattati veicoli, dei quali verrà occasione di parlare nel libro IV. Il trasporto per acqua si fa 1°. o per semplice *fluitazione*, abbandonando cioè il legname libero in balía di qualche corrente d'acqua; 2°. o per mezzo di zattere; 3°. o finalmente col servigio di ordinarii navigli da trasporto.

§. 212. Il metodo della fluitazione è semplicissimo, e di minimo dispendio; ma espone inevitabilmente il legname a seriosi pregiudizj. Tali sono 1.° la perdita di molti pezzi, i quali o arrestati da qualche ostacolo nel loro corso non arrivano ai punti destinati, o trascinati con troppo impeto dalla corrente non possono essere ricuperati: 2°. il detrimento che soffrono i fusti urtando nelle ripe e negli scogli, verso cui sono gettati a capriccio dalla corrente: 3°. il deterioramento del legname per la spesso lunga permanenza sulle rive umide e fangose, ove si deve trattenere per aspettare le piene dei torrenti, senza le quali non può effettuarsi la fluitazione; il che nuoce non solo alla durevolezza del legno per l' influenza dell' umidità ter-

(1) *Vocabolario di marina.* — Artic. *legname.*

(2) A garantire i fusti dalle fenditure, a cui sono specialmente soggetti nelle loro estremità, giova altresì non poco lo stile, che generalmente si tiene dagl' Inglesi nel taglio degli alberi. Recidono essi i fusti sotto quel punto da cui si diffondono le radici, e sopra quel punto da cui si dipartono i rami. Per tal modo nelle due estremità del fusto reciso, le fibre essendo naturalmente attortigliate hanno una maggior forza di reciproca coesione, la quale impedisce al legno di fendersi. Questo vantaggio non si ottiene nella pratica più comune di tagliare i fusti sopra la ceppaia, e sotto il gruppo della ramificazioni; onde i fusti si fendono facilmente agli estremi.

restre ed atmosferica, ma disturba inoltre la lavorabilità atteso la terra e l' arena che s' insinuano nelle porosità del legname: 4°. l' alterazione dipendente dall' umidità di cui il legname s' imbeve, mentre resta per qualche tempo immerso nell' acqua dolce: 5°. finalmente lo scapito nel volume dei fusti, ai quali dopo che si sono ricuperati si debbono mutilare l' estremità, rese inservibili dalle tacche, e dai buchi fattivi onde facilitarne la ricuperazione per mezzo di lunghi uncini.

In considerazione degli enumerati inconvenienti si riconosce che questo metodo di trasporto è sommamente dannoso al legname da lavoro, e che non può convenirne la pratica se non che in quei casi, nei quali offre un risparmio di spesa maggiore della perdita, a cui soggiace il valore del legname pe' danni della fluitazione. Che anzi neppure in questi casi le leggi dovrebbero permetterne l' uso, essendo questo evidentemente contrario a quella provvida economia di legname, che è divenuta in oggi più che mai necessaria dopo l' inconsiderata distruzione di tanti boschi.

§. 213. La condotta del legname per acqua, eseguita per mezzo di zattere, o di barche ordinarie, riesce d' un discreto dispendio, e scampa i legni da qualunque pregiudizio, purchè sia regolata con alcune importanti avvertenze. Intorno alla formazione delle zattere, e a molte minute pratiche concernenti l' estrazione de' legnami delle foreste, si trovano diffusi ragguagli nelle già spesso commendate opere di Duhamel e di Hassenfratz, alla lettura delle quali consigliamo coloro che desiderassero d' istruirsi pienamente di questa sorta d' operazioni. Le cautele da usarsi, comunque vogliasi eseguire il trasporto, debbono essere rivolte a schermire il legname da ogni offesa, e da qualunque alterazione. Nei lunghi trasporti, dovendo il legname essere rinchiuso entro i bastimenti, ove regna una temperatura tepida, importa moltissimo di non riporre il carico nella nave, finchè i fusti sono soverchiamente umidi, e di regolare lo stivaggio in guisa che il legname non si trovi soffocato, ma possa rimaner libera la circolazione dell' aria intorno ai fusti. Col trasandare queste precauzioni si correrebbe pericolo che il legname umido e privo del benefizio dell' aria si riscaldasse, e cominciasse a fermentare, e che così venisse a destarsi in esso il fomite di una prematura corruzione.

§. 214. Il legname depositato negli arsenali, o nei magazzini di traffico, vien custodito 1.° allo scoperto, 2.° o in recinti coperti, 3.° ovvero sommerso nell' acqua dolce o nell' acqua marina entro opportune conserve. Ciascuno di questi metodi esige particolari considerazioni.

§. 215. Il legname allo scoperto per l' immediato e vigoroso influsso dei venti, e dei raggi solari, asciugandosi con troppa rapidità, va soggetto a perniciose fenditure. L' esalazioni terrestri, e le variazioni igrometriche dell' atmosfera producono incessanti alterazioni nella sostanza legnosa, e ne fomentano la putrefazione. A vista di tali inconvenienti si scorge quanto sia improvvido di tenere i legnami in serbo allo scoperto; se pure talvolta non sia di necessità per mancanza, o per insufficienza di ricoveri coperti. In simili casi sarà utile di accatastare il legname sopra un buon pavimento, onde chiuder l' adito all' esalazioni del terreno, disponendo la superficie in giusto declivio affinchè non vi ristagnino le acque. La catasta sarà costrutta in guisa, che rimanga libera la circolazione dell' aria intorno ai singoli pezzi, che la compongono. Sulla sommità si accomoderanno i pezzi in modo, che

vengano a formare una specie di tetto inclinato, e sporgente sui lati, onde le acque pluviali possano meno penetrare nell' interno della legnaja. I tavoloni, e le tavole si collocano più vantaggiosamente in piedi, appoggiandole ad un muro sovrapposte ad un palco di legno, onde non attraggano l'umidità del terreno, e ricoprendole con un tetto posticcio, affinchè sieno difese dalle piogge. Questi artifizj possono bensì diminuire, ma non togliere affatto l' influenza dell' intemperie sul legname, e i dannosi effetti che ne derivano.

§. 216. Ricoverando il legname entro magazzini selciati, e coperti, si pone al sicuro dai pregiudizi delle esalazioni terrestri e delle vicende atmosferiche, e si conserva lungamente illeso dalla putrefazione. Bisogna per altro avvertire di non rinchiuderlo che sia troppo inzuppato d' umidità, e di stivarlo a modo di non impedire la libera circolazione dell' aria, come si è detto circa i stivamenti fatti allo scoperto. Per la prospera conservazione del legname è importante che i magazzini abbiano le necessarie aperture, onde si mantenga una moderata ventilazione nell' ambiente; e suggerisce avvedutamente il Duhamel (1) che si debbano lasciare nel coperto alcuni sfogatoi, guerniti di torricelle verticali, a somiglianza di quelle dei cammini, per le quali possano esalare l' emanazioni umide del legname specificamente più leggiere dell' aria. Un' altra interessante avvertenza abbiamo fra gli ammaestramenti del lodato Fisico francese; ed è questa. Quel legname che, o di sua natura, o per aver vissuto in terreni acquosi, è restìo nell' asciugarsi, vuole piuttosto essere conservato allo scoperto che in siti rinchiusi, poichè non è da temersi che un troppo accelerato diseccamento lo faccia screpolare (§. 215); mentre d' altronde a maggior pericolo d' infezione sarebbe esposto entro i magazzini pel lungo ritenimento dell' umidità, di quello che in luogo aperto per l' influenza dell' igrometricità atmosferica.

§. 217. La pratica di conservare il legname nell'acqua, specialmente è invalsa negli arsenali di marina, per essersi osservato che la permanenza del legno per qualche tempo nell'acqua produce sul medesimo i seguenti vantaggiosi effetti.

1.° L' acqua penetrando nel legno dissolve una parte dei suoi sughi vitali, i quali esalano poi in istato di vapore insieme con l' acqua allorchè il legno si asciuga. Si viene così a separare dal legname una delle principali cause della putrefazione (§. 174).

2.° I legni di mediocre qualità, quando sono stati tenuti a bagno nell' acqua, sono meno soggetti a fendersi nel diseccarsi. Tale benefizio per altro non si ottiene sui legni duri e di miglior qualità.

3.° L' acqua fa perire i vermi annidati nel legno, e le loro ova. Verisimilmente opera anche nella sostanza legnosa qualche cambiamento intrinseco molesto ai vermi, per cui questi vengono distolti dal rifugiarvisi nel progresso del tempo. Il fatto è che il legname, con lo stare immerso nell'acqua, acquista la prerogativa di mantenersi esente dalle ingiurie del tarlo.

4.° Il legno che ha soggiornato per qualche tempo nell' acqua riesce di minor durezza di quella che avrebbe se si fosse lasciato seccare senza averlo prima fatto stare nell' acqua; e quindi si deduce che col tenere per alcun tempo il legname infuso nell' acqua se ne aumenta la lavorabilità.

§. 218. A fronte degli enumerati vantaggi il legname conservato nell'acqua non va esente da alcuni considerabili pregiudizj.

(1) V. l'Opera precitata al cap. V del lib. II.

1.° Perde, diseccandosi, nel peso, nella densità, e nella forza, più di quello che avrebbe perduto se non fosse stato tenuto in bagno. Questa perdita è più sensibile nei legni che sono di qualità meno perfetta, che in quelli di miglior qualità.

2.° I legni lasciati per qualche tempo immersi nell' acqua marina non si asciugano mai completamente, e divengono oltremodo sensibili alle variazioni igrometriche dell' atmosfera. Quindi sono più proclivi alla corruzione, e a quelle meccaniche alterazioni, delle quali furono già avvertite le perniciose conseguenze (§. 178).

3.° La permanenza del legno nell' acqua marina, mentre lo libera dalla rosura dei tarli, lo espone nel tempo stesso al dente divoratore delle brume o di altri vermi acquatici. Per altro nelle conserve alla spiaggia del mare, il legname è infestato da questi voraci animaletti soltanto in alcuni mesi dell' anno, i quali sono diversi nei vari climi. Alla spiaggia di Rochefort osservò Duhamel (1) che le brume dominano nei soli mesi di giugno, di luglio e di agosto; l' incursione delle medesime alle coste del Mediterraneo dura, siccome opinò lo stesso Duhamel, dal principio di maggio fino al cominciare d' ottobre.

§. 219. Dal paragone dei benefizi, e degl' inconvenienti che derivano dalla pratica di tenere nell' acqua il legname, deduciamo qui alcune massime, che potranno servir di norma per le convenienti applicazioni della pratica medesima.

1.° Il legname destinato ai grandi usi dell' architettura civile, nel quale la proprietà di cui deve farsi massimo conto è la resistenza, affinchè questa si conservi nella naturale sua intensità, dovrà farsi asciugare, e tenersi custodito in opportuni magazzini senza fidarlo neppure per breve tempo all' acqua. Esso non ha d' altronde bisogno del benefizio dell' acqua per essere preservato dall' ingiurie dei tarli, purchè si abbia cura, nell' apparecchiarlo, di toglierne affatto l' alburno (§. 174), nel quale per lo più unicamente i tarli s' annidano, e si propagano.

2.° Giova all' opposto di tenere per lungo tempo nell' acqua il legname, che si riserba ai minuti lavori, onde così ammollirlo, renderlo meno soggetto a fendersi, e vantaggiarne la lavorabilità. Questi utili effetti si ottengono maggiormente nelle acque correnti che nelle stagnanti, siccome fu costantemente dimostrato dall' esperienza.

3. Nell' acqua del mare deve tenersi il legname soltanto per quei mesi dell' anno nei quali la spiaggia non è infestata dalle brume. Sulla costa del Mediterraneo i mesi propizj a questo riguardo sono dall' ottobre all' aprile. Il corso di questi mesi è soprabbondante per far provare al legname tutti i vantaggiosi effetti dell' immersione.

4.° Nelle conserve il legname deve tenersi del tutto sommerso nell' acqua, onde niuna parte di esso abbia a rimanere scoperta, e soggetta all' alternazione dell' umido e del secco per le variazioni dell' ambiente atmosferico, e per l' influsso delle piogge, dei venti, e dei calori solari, essendo noto (§. 174) che tale vicenda altera in breve la sostanza legnosa, e ne accelera la putrefazione.

(1) V. l' Opera già citata al cap. III del lib. IV.

CAPO V.

INCURVAMENTO ARTIFICIALE DEL LEGNAME.

§ 220. Non sempre si rinvengono nei boschi dei fusti e dei rami inarcati, o doppiamente ricurvi, siccome spesso abbisognano nella navale architettura, e in alcune arti meccaniche, e, sebbene molto di rado, pur talvolta anche nelle civili costruzioni. La flessibilità naturale del legname permette bensì che un trave, o un altro legno qualunque naturalmente diritto, possa essere reso ricurvo mediante la regolata applicazione di opportune forze; ma la curvità così presa da un legno nello stato naturale della sua sostanza non può oltrepassare quel limite, che compete al grado della flessibilità propria del legno stesso (§. 172); mentre alcune volte per qualche divisato scopo può essere necessario un maggiore incurvamento. Oltre di che la curvatura d' un legno flessibile prodotta dalla semplice applicazione di forze estrinseche, dura soltanto finchè continua l'azione delle forze, e rimosse queste, il legno per la propria elasticità ritorna allo stato primitivo. Quindi l' arte ha bisogno di mezzi, i quali valgano insieme ad aumentare la naturale flessibilità del legname, e a comunicare ai legni la facoltà di mantenersi costantemente ricurvi, ancorchè cessi l' azione di quelle forze dalle quali è stato obbligato a curvarsi.

§. 221. L' esperienza fece conoscere che il legno sottoposto ad un intenso grado di calore si ammollisce, si rende flessibile più che non lo era ad un' ordinaria temperatura, ed acquista la facoltà di ritenere quelle inflessioni, alle quali lo riduce la temporanea applicazione di qualche forza, mentre si ritrova ammollito, non lasciando di ricuperare la naturale sua durezza nel raffreddarsi. Anche l' acqua ammollisce il legno, e ne fa crescere la flessibilità; ma poco o nulla contribuisce a conferirgli la virtù di rimanere stabilmente incurvato senza il continuato sussidio d' estrinseche forze. Da queste osservate influenze del calore e dell' umido, l' arte ha dedotto i mezzi di dare forti e stabili curvature al legname, valendosi o della semplice azione del fuoco, o di questa, combinata coll' influsso dell' umidità.

§. 222. Per l' incurvamento dei legni di poca grossezza si approfitta nelle arti della semplice azione del fuoco applicata a quelle parti nelle quali si vuol produrre l' inflessione. Questa pratica è comunemente usata negli arsenali di marina ed in tutte le officine dei legnajuoli. Ma la parziale applicazione del fuoco riscalda ed ammollisce in grado disuguale le diverse parti del legno, onde poi l' incurvamento difficilmente riesce perfetto, e non di rado i pezzi si schiantano sotto lo sforzo adoperato per inarcarli. Un ammollimento generale ed equabile potrebbe ottenersi nei legni facendoli gradatamente riscaldare entro appositi forni. Ma per tal modo si anderebbe incontro al pericolo d' un altro più grave inconveniente, potendo un calore troppo concentrato far esalare in vapore alcuno dei principj costitutivi del legno (§. 144, 173), e carbonizzandolo distruggere interamente la sua forza, e renderlo affatto inutile.

§. 223. L' azione combinata del fuoco e dell' umido è di grand' efficacia per ammollire i legni anche più grossi e più duri; e gli esime insieme dal pericolo di rimanere carbonizzati. In tre modi può sottoporsi il legname alla contemporanea azione del calorico e dell' umidità: 1°. tenendolo in molle

nell' acqua bollente; 2°. facendolo stare immerso nel vapore dell' acqua che bolle; 3.° tenendolo rinchiuso in un bagno d' arena umida e infocata. Il primo di tali metodi, cagionando la decomposizione di alcuni componenti costitutivi del legno, fa sì che il legname perde qualche parte del suo volume, della sua densità e della sua forza. Il secondo metodo è insieme economico, e di facile applicazione; ma non può esser proficuo che per ammollire dei legni poco grossi, non essendo valido ad eccitare nel legno un calor maggiore di quello dell' ebollizione dell' acqua, il quale è troppo debole per intenerire quanto basta i pezzi anche soltanto di mediocre grossezza. Il terzo metodo è applicabile ai legni di qualunque grossezza, e va immune da qualunque inconveniente, onde vien preferito agli altri, specialmente nelle più grandiose operazioni dell' architettura navale.

La minuta descrizione degli apparati necessari per mettere in pratica questi tre distinti metodi ci condurrebbe oltre i limiti che ci siamo prefissi nelle presenti Istituzioni; e potrà ricercarsi dagli studiosi nelle classiche opere di Duhamel e di Hassenfratz, che molte volte abbiamo citate in addietro, e alle quali abbiamo attinti i brevi cenni testè addotti per dare una semplice idea dei vari mezzi, che possono impiegarsi per ammollire il legname, e così predisporlo ad uno stabile incurvamento.

§. 224. I pezzi di legname ammolliti si riducono alla curvatura prestabilita, collocandoli in posizione orizzontale o verticale, ritenuti da ben distribuiti appoggi; e piegandoli mediante l'opportuna applicazione di una o di più forze, e col sussidio di confacenti macchine, qualora la grossezza dei pezzi, e la qualità dell' incurvamento lo rendessero necessario. Le manovre adattate per tali operazioni si potranno facilmente dedurre da ciò che s' insegnerà nel libro IV intorno all' uso delle varie macchine valevoli a moderare, ed agevolare il movimento dei pesi. Ottenuto l' incurvamento dei pezzi di legname, si tengono fermi in questo stato, lasciando persistere le forze che l' hanno prodotto, o sostituendo alle medesime equivalenti allacciature, finchè il legno sia raffreddato ed asciutto; ed allora, svincolati i pezzi, conserveranno da sè stessi stabilmente quell' inflessione a cui furono dapprima forzatamente ridotti.

§. 225. Con semplicissime manovre possono gli alberi essere incurvati mentre vivono nelle foreste, e finchè sono giovani; ed essere quindi costretti con opportuni ritegni ed allacciature a crescere conservando quella curvatura in cui vennero posti. Invecchiando in seguito le piante, i fusti conservano spontaneamente la configurazione ricurva, che loro fu data, ed atterrati ad epoca conveniente si trovano addattati per quei fini particolari, ai quali vennero destinati, senza che vi sia bisogno di violentarli per alterare la naturale loro configurazione (§. 193).

§. 226. Si pretende che un legno a cui si faccia provare un forte grado di calore divenga, dopo che si è raffreddato, più duro di quello che era nel suo stato naturale; e se ne adduce in prova l' artifizio di cui si valgono i Selvaggi per far acquistare una sorprendente durezza ai loro dardi, e alle altre armi di legno delle quali fanno uso; essendo privi di ferro e d' altri metalli. Lasciando a parte questo fatto, il quale non è abbastanza sicuro, certo si è che il legno ammollito dal fuoco, se venga sottomesso ad una violenta compressione, si addensa, contrae un' estrema durezza, e si rende capace di bel pulimento. Era già noto nell' arti economiche questo mezzo

efficace di migliorare il legno (1), sebbene la sua applicazione sia stata finora limitata all'apparecchio di piccoli pezzi, come manichi di coltelli, e di somiglianti utensili, e d'altre minute manifatture di vario genere. Un industrioso Inglese (2) ha recentemente immaginato un metodo per addensare e migliorare il legname di minuto assortimento, come sono le tavole, i tavoloni e i travicelli (§. 191), mediante un'artificiale compressione, a cui gradatamente possono soggettarsi con opportuno macchinismo. È questa una felice idea che meriterebbe d'essere coltivata per gl'importanti vantaggi che se ne potrebbero ritrarre nei diversi rami dell'arte delle costruzioni.

CAPO VI.

COLLOCAMENTO DEL LEGNAME IN OPERA.

§. 227. I membri componenti di qualunque costruzione di legname hanno diversi uffici, e a seconda di questi possono distinguersi in tre classi.

1.° Alcuni membri sono destinati a sopportare qualche carico, o qualche spinta, e quindi obbligati ad esercitare o la propria resistenza assoluta positiva o negativa, ovvero la propria resistenza rispettiva. Questi possono chiamarsi *membri di resistenza*, e distinguersi in *principali*, ed *ausiliari*.

2.° Altri non hanno altro ufficio che quello di tener collegati, e fermi nelle stabilite posizioni i membri di resistenza; e possono denominarsi *membri di concatenazione*.

3.° Finalmente altri membri non sono necessari se non che per dare al sistema quella configurazione e quella struttura, che si convengono al fine a cui esso è destinato; e questi possono essere chiamati *membri completivi*.

§. 228. La distinzione dei membri d'un sistema nelle suddivisate classi, dipendentemente dai rispettivi uffici, può vedersi a colpo d'occhio nella carcassa d'un capannone di legname (fig. 28), costruzione comunissima nelle campagne, onde crediamo che sia conosciuta da tutti. Primieramente i membri principali di resistenza nel sistema che abbiamo sotto l'occhio sono:

AAA .... legni verticali chiamati *colonne*, che debbono sostenere il carico del coperto superiore, ed esercitare una resistenza alla compressione, o sia una resistenza assoluta negativa.

B B, legni orizzontali che diconsi *architravi* o *correnti*, e debbono ripartitamente sostenere qualche parte del peso del tetto opponendo al medesimo la loro resistenza rispettiva.

C C .... legni inclinati che chiamansi *puntoni* o *biscantieri*, destinati a reggere immediatamente il peso del tetto ripartito in due falde inclinate; il qual peso agisce obliquamente contro la resistenza rispettiva di essi legni, ed in parte anche contro la loro resistenza alla compressione.

D D D, legni orizzontali, denominati *corde* o *tiranti*, destinati ad impedire con la loro resistenza assoluta che si allarghi l'angolo che fanno insieme a due a due i biscantieri, le estremità inferiori dei quali sono ritenute saldamente dagli estremi delle rispettive corde con opportune morse.

E E E, altri legni orizzontali chiamati *paradossi* o *tempiali*, che sono

(1) Duhamel — *Du transport, de la conservation, et de la force des bois.* Pag. 254.
(2) Atlie. V. *London journal of arts.* feb. 1826 pag. 91.

i principali membri dell' orditura del coperto, ed esercitano la propria resistenza rispettiva per sostenere ripartitamente il peso del tetto soprapposto.

Secondariamente si debbono considerare siccome membri ausiliari di resistenza i legni inclinati F F F F chiamati *saettoni*, posti in rinforzo degli architravi, e che esercitano una resistenza assoluta negativa contro il carico del coperto ripartito sui medesimi architravi.

In terzo luogo sono membri di concatenazione i legni orizzontali G G G... che diconsi *traversi* e *filagne*, e collegando fra loro le colonne provedono all' invariabilità della forma del sistema.

Finalmente in quarto luogo si hanno dei membri semplicemente completivi nei legni H H H . . . dei quali alcuni sono destinati a formare gli stipiti, le banchine, e gli architravi delle finestre e delle porte, ed altri fanno parte dell' orditura delle pareti, che possono essere composte di tavole, ovvero di canne, di giunchi, o d' altre simili materie.

§. 229. Il collocamento di quei legni, che entrano a far parte d' un sistema solo in qualità di membri della seconda o della terza classe (§. 227), non è basato sopra veruna norma generale, salvo le regole concernenti la saldezza delle congiunzioni, le quali formeranno separatamente l' oggetto del seguente capitolo, ma deve semplicemente dipendere dalla forma, dalla struttura, e dalle particolari condizioni dell' opera relativamente al fine cui è destinata. Pel collocamento dei legni, che debbono figurare siccome membri della prima classe, le cognizioni già forniteci dalle teorie meccaniche, e dai risultati dell' esperienza intorno alla forza del legname, le quali furono compendiosamente raccolte nel capo II (§. 156 e seg.), ci pongono in grado di stabilire alcune essenziali massime applicabili alla generalità dei casi, a seconda delle diverse funzioni di resistenza, che possono essere assegnate ai vari pezzi che compongono un sistema di legname.

§. 230. È indifferente che i membri di resistenza assoluta sieno collocati in uno o in un altro modo, poichè la resistenza è proporzionale all' area della sezione, la quale rimane la stessa qualunque sia la posizione dei lati. Siccome per altro non di rado accade che sebbene la resistenza assoluta sia quella, la quale principalmente deve stare in esercizio, deve tuttavia insieme agire in qualche modo anche la forza rispettiva, se non altro contro il peso proprio del pezzo, siccome appunto si verifica nella corda D, uno dei membri dell' esaminata (§. 228) ossatura d' un capannone, così nella collocazione di tali membri gioverà in tali casi di aver di mira il maggior vantaggio della resistenza rispettiva, a tenore delle massime che qui appresso soggiugneremo.

§. 231. I membri di resistenza rispettiva esigono nella collocazione le seguenti avvertenze.

1.ª Pel valore della resistenza non influisce la posizione del fusto se questo è rotondo. Ma se è squadrato, siccome lo sono per lo più i fusti adoperati nelle costruzioni, pel maggior effetto della resistenza rispettiva, importa che venga collocato in guisa che riceva lo sforzo a cui deve far contrasto, in direzione perpendicolare al minore dei due lati della sezione. Così per esempio se l' architrave B (§. 228) avesse la riquadratura di 28 e 20 centimetri (§. 190) dovendo sostenere uno sforzo verticale, dovrà collocarsi in modo, che riesca orizzontale il lato della sezione che è di m. 0,20.

2.ª I travicelli, che per lo più hanno una sezione quadrata, dovendo essere impiegati in qualità di membri di resistenza rispettiva, vogliono essere collocati in modo che la direzione della forza cada sopra ciascun travicello in direzione parallela agli strati legnosi che lo compongono. Se per esempio fosse A B C D (fig. 29) la sezione di un travicello, in cui apparissero gli strati legnosi prossimamente paralleli ai due lati A D, B C, per buona regola il legno andrebbe collocato in guisa, che la direzione della forza, a cui esso deve opporsi con la propria resistenza rispettiva, cadesse perpendicolarmente sul lato A B della sezione.

3.ª Finalmente se un legno destinato a servir come membro di resistenza rispettiva avesse una carie, un nodo, o qualche parte tarlata, bisognerebbe collocarlo in maniera tale che quella sua faccia a cui è più aderente il difetto fosse rivolta verso la forza a cui il pezzo deve resistere, avendo cura per altro di scarnar prima il legno per quanto s' interna il difetto, e di riempire l' incavo fatto con un turaccio o *tassello* di legno forte e sano, tagliato ed incastrato a sigillo. Così per esempio se si avesse da collocare per architrave nella capanna considerata in addietro (§. 228) un legno viziato in qualche parte, tolto e riparato il difetto nel modo ora accennato, dovrebbe collocarsi in opera il pezzo, in guisa che, ferma la regola stabilita al n.° 1 la parte offesa si trovasse più prossima alla faccia superiore che all' inferiore del legno.

§. 232. Vediamo sopra quali ragioni sieno fondate le regole che abbiamo testè additate intorno al collocamento dei membri di resistenza rispettiva. La regola prima deriva immediatamente dalle formole meccaniche della resistenza (§. 159 n.° 1, 8). La seconda dipende dalle formole medesime in virtù di una semplice osservazione. Gli strati legnosi che compongono un travicello tratto da un fusto con la segatura a filo, i quali sono parti degli anelli legnosi di esso fusto, hanno una debolissima coerenza reciproca, sicchè non molta forza basta a disgiungerli. Giova dunque di considerare la possibilità che o presto o tardi si distacchino; ed in questo caso per la maggiore resistenza rispettiva di ciascheduno strato occorre che sia adempita la regola prima, la quale evidentemente si converte nella seconda.

La terza regola nasce da una circostanza fisica la quale si presenta in qualunque legno nell' atto che s' incurva in virtù di qualche forza da cui sia vinta la sua resistenza rispettiva. Fu dimostrato da molte sperienze del Duhamel (1), che incurvandosi un legno, le fibre legnose prossime alla faccia che diviene concava si contraggono, mentre quelle che sono in contiguità della faccia convessa si vengono dilatando; e che quindi la resistenza del legno deve ripetersi dall' elasticità, per cui tanto le prime quanto le seconde si sforzano di mantenersi nel naturale loro stato; siccome appunto erasi già svelato antecedentemente dal Bernoulli col solo lume delle teorie meccaniche. Per la qual cosa qualunque discontinuità delle fibre prossime a quella faccia, che nell' incurvamento del legno diverrebbe convessa, deve necessariamente cagionare qualche diminuzione della resistenza rispettiva, mentre la frattura di quelle fibre, che sono presso la faccia opposta, non può esser causa di minoranza della resistenza; purchè per altro i capi della frattura sieno a contatto, ovvero sieno tramezzati da qualche obice che

(1) *Du transport, de la conservation et de la force des bois* — lib. V cap. II.

impedisca loro di ravvicinarsi. E difatti nelle sperienze fatte dal Duhamel e dal Parent fu veduto che non iscema la resistenza dei legni orizzontali caricati nel mezzo facendo in essi al di sopra una o più aperture trasversali, con la sega a profondità perfino di due terzi dalla grossezza; ma che qualunque piccola incisione fatta nella parte di sotto produce una corrispondente diminuzione di resistenza. Ed osservò inoltre il secondo dei nominati sperimentatori (1) che facendo entrare a forza un cuneo di legno in un'incisione aperta sul dorso d'un trave, si può accrescere la resistenza rispettiva di questo perfino d'un sesto del valore competente alle dimensioni del legno a seconda delle formole meccaniche (§. 159).

§. 233. Quei legni che vengono impiegati in qualità di membri di resistenza assoluta negativa spiegano indifferentemente lo stesso vigore qualunque sia il loro collocamento. Appartengono a questa classe i *pali*, quei fusti cioè che o greggi o squadrati vengono conficcati nel terreno talvolta anche per tutta la loro lunghezza; nel qual caso è piaciuto ad alcuni Pratici di chiamarli *agucchie*. Quantunque per altro non sempre i pali siano destinati a far l'ufficio di membri di resistenza assoluta negativa, ed in molti casi non si adoperino che per una resistenza rispettiva, o piuttosto per una resistenza laterale dipendente dalla consistenza del fondo in cui sono conficcati; quale è appunto il caso dei paradori (§. 21), dei quali si fa uso in difesa delle arginature dei fiumi, e delle palificate che possono talvolta usarsi per rinfianco di qualche terrapieno (§. 3), tuttavolta sembraci questo il luogo opportuno per far conoscere alcune generali avvertenze che debbono aversi per norma nell'impiego, e nel collocamento dei pali.

§. 234. Gli oggetti essenziali da aversi in vista nell'impiego e nel collocamento dei pali sono questi:

1.° Agevolare l'affondamento dei pali, che si eseguisce per mezzo di macchine e di manovre opportune, come si dirà nel libro quarto.

2.° Evitare che i pali restino offesi dalle percosse del maglio, in virtù delle quali vengono affondati.

3.° Proporzionare il carico al diametro de' pali, o per meglio dire moltiplicare il numero dei pali a seconda del carico, affinchè questo venga distribuito in modo che ciascun palo non abbia ad essere aggravato di maggior peso di quello che può sostenere.

§. 235. Dalle predette massime fondamentali si ricavano le seguenti regole.

1.ª Ad essere impiegati in qualità di pali si scelgano fusti diritti, e regolari; si radano le nodosità, e l'altre prominenze che osterebbero al facile loro conficcamento; e sarà anche utile di toglierne la corteccia, affinchè divengano più adattati a penetrare con facilità nel terreno.

2.ª Generalmente parlando dev'esser piantata in terra la parte più sottile P del palo (fig. 30), che a tal effetto si rende acuminata, e si dice la *punta*; siccome l'altra estremità più grossa T, destinata a ricevere la percossa del maglio, dicesi la *testa* del palo.

3.ª La testa del palo si smussa all'intorno dopo che è stata spianata, come vedesi nella figura, affinchè sia meno soggetta a spaccarsi sotto i reiterati colpi del maglio. E talvolta anche perchè sia meglio garantita da

(1) Rondelet — *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* — Tom. IV. parte I pag. 147.

ogni offesa, si cuopre durante la battitura con un anello, o viera di ferro che dicesi *collare*, e che si toglie via quando è compiuto il conficcamento del palo.

4.ª Se il fondo in cui deve penetrare il palo è di materia assai dura, a fine di facilitare il conficcamento, e di preservare insieme la punta, che potrebbe infrangersi, si deve armare questa d' un cartoccio di ferro acuminato C, che dicesi *cuspide* a tre o quattro ale *a, a, a*, che si fermano al palo con diversi chiodi. In questo caso è necessario di ridurre la punta in modo che combaci, e si adatti esattamente nella cavità del cuspide, affinchè non abbia ad accadere, che non essendo uguale e perfetto il combaciamento, il cartoccio si pieghi da qualche parte sotto i gravi colpi del maglio, e si opponga per tal modo alla facilità e alla regolarità del conficcamento del palo.

5.ª Acciocchè il palo non sia in pericolo di schiantarsi sotto i violenti colpi del maglio, e non abbia a concepire per la percussione un tal movimento oscillatorio che impedisca di battere seguitamente, e per conseguenza venga a ritardare il conficcamento, si è conosciuto per esperienza esser necessario che il diametro non sia minore d' un sedicesimo della lunghezza del palo. Così un palo della lunghezza di m. 4 dovrà avere il suo diametro medio non minore di met. 0,25.

6.ª L' esperienza ha pur dimostrato (1), che onde si possa esser sicuri che i pali battuti a *rifiuto di maglio*, vale a dire, finchè le percosse del maglio sieno divenute impotenti a produrre verun ulteriore sensibile conficcamento, non abbiano poi da cedere sotto il carico che deve loro essere sovrapposto, è necessario che questo non oltrepassi chilog. 25000 per ciascun palo del diametro di m. 0,25, e chilog. 50000 per ogni palo del diametro di m. 0,32. Il numero dei pali d' una palificata, che debba servir di sostegno ad un carico dato, dovrà dunque determinarsi a norma degl' indicati limiti, i quali mentre pongono al sicuro da qualunque cedimento del sistema per qualche successiva ulteriore penetrazione dei pali nel fondo in cui sono piantati, provvedono d' altronde soprabbondantemente alla stabilità del sistema, per quanto dipende dalle varie specie di resistenza dei pali alla compressione, come se ne può venire in chiaro mediante l' applicazione delle formole, e dei dati numerici che si riferirono al capo II (§. 164 e seg.).

§. 236. La speditezza della formazione d' una palificata, che debba esser composta di pali assai folti, esige che si cominci dal conficcare i pali del centro, e quindi si prosegua conficcando di mano in mano gli altri all' intorno, finchè si giunga agli ultimi giri dentro alla figura, da cui la palificata dev' essere circoscritta. Quando si procedesse con ordine inverso, s' incontrerebbe grandissima difficoltà nel conficcare in fine i pali del centro, atteso l' eccessivo condensamento del terreno; e si correrebbe rischio che questo, non comportando un'ulterior compressione, facesse risalire i pali già piantati nell' atto che si tenta di conficcarne altri intermedi. Potria scansarsi quest' inconveniente praticando di conficcare i pali capovolti, vale a dire mandando avanti, entro la terra, la parte più grossa del palo fatta a punta, e sottoponendo alle percosse del maglio la parte più sottile. Ma potrebbe derivare da questo metodo una troppo forte oscillazione dei pali sotto i colpi del maglio, la quale necessariamente ritarderebbe, come fu già av-

(1) Perronet — *Mémoire sur le pieux et pilotis*.

vertito (§. 234 n.° 5) la battitura e il conficcamento dei pali; onde val meglio di attenersi alla regola che da principio venne suggerita.

§. 237. Nel collocamento dei legni destinati a far parte d' un sistema in qualità di membri ausiliari di resistenza (§. 227) deve aversi di mira d' impiegare nel modo più vantaggioso la resistenza del membro ausiliare in aiuto del membro principale, affinchè dalle resistenze combinate d' entrambi si ottenga una forza risultante che contribuisca nel miglior modo possibile alla stabilità del sistema. A tale proposito potrebbero qui aver luogo alcuni interessanti problemi. Ma l' utilità delle loro soluzioni potrà meglio apparire riserbandole per alcuno dei seguenti capitoli, ove se ne farà particolare applicazione a qualcheduno dei principali sistemi, di cui è più frequente l' uso.

CAPO VII.

CONGIUNZIONI DEL LEGNAME.

§. 238. Nell' architettura si hanno frequenti occasioni di congiungere insieme due o più pezzi di legname: le quali tutte derivano o dalla necessità di comporre di molti pezzi un solo membro, quando attesa la sua più che ordinaria grandezza non vi è modo di formarlo tutto d' un pezzo, ovvero dal bisogno di connettere stabilmente fra loro i diversi membri di qualunque sistema, affinchè ciascuno venga assicurato nella posizione confacente all' officio che deve esercitare, e la forma del sistema non possa venire alterata dalle varie forze che contro di esso agiscono. Quelle congiunzioni che tendono a formare di molti pezzi un sol membro, possono chiamarsi *composizioni*, quelle che uniscono insieme i vari membri d' un sistema, possono essere denominate *connessioni*. Le prime diconsi *armature* quando i pezzi componenti si uniscono corpo a corpo, acciocchè dalle loro grossezze o lunghezze riunite risulti un membro più grosso o più largo; e possono chiamarsi *giunture* allorchè i pezzi si uniscono in continuazione l' uno dell' altro, onde ottenere un membro di maggior lunghezza. Quelle composizioni che debbono servire nello stesso tempo all' uno e all' altro scopo possono chiamarsi *composizioni miste* o *riunioni*.

§. 239. Si rendono stabili le congiunzioni d' ogni classe tagliando ed incastrando l' uno nell' altro i pezzi che debbono stare uniti, e stringendoli insieme con fasciature, con cerchiature, con staffe, e con caviglie di ferro. Le varie forme dei tagli e degli incastri, e l' uso opportuno delle specificate ferrature, vogliono essere giudiziosamente adattati a' particolari uffici di resistenza, e ai rispettivi collocamenti dei membri che debbono comporsi o connettersi. Si può dire che l' arte abbia esauriti tutti i casi possibili su questo particolare; onde nella pratica delle costruzioni l' architetto non ha d' uopo di mettere alla tortura il proprio ingegno per inventar nuove maniere di congiunzioni, ma non gli resta che di fare la scelta fra i moltiplici modelli offerti dall' arte di quello che meglio si adatta al suo caso particolare. E per conseguenza a noi non rimane su tale articolo che di far succintamente conoscere le maniere principali e più usitate di eseguire le diverse specie di congiunzioni sul legname, quali si possono desumere dai più distinti esemplari dell' arte, e siccome vengono suggerite da migliori maestri di architettura.

Gl'incastri, per mezzo de' quali si assicurano le varie congiunzioni del legname, diconsi anche *calettature*, *palellature*, *indentature*; e così usasi anche *calettare*, *palellare*, *immorsare* in vece d' incastrare, o sia congiugnere ad incastro (1).

§. 240. Per le composizioni del primo genere, o sia armature, si esibiscono i seguenti modelli.

1. Armatura, o sia trave composta, destinata a servire in qualità di membro principale di resistenza assoluta o di resistenza rispettiva (§. 227) e formata mediante la congiunzione del pezzo AA all' altro BB (fig. 31), incastrati l' uno nell' altro *a dentatura* obliqua, o sia *a sega*. La parte superiore della figura offre il prospetto laterale dell' armatura, la parte inferiore la pianta, e a fianco di questa la sezione sulla linea X Z. I due pezzi sono stretti insieme dai due perni o chiavarde di ferro D, D con larghe teste al di sopra, e invitati all' estremità inferiore nei loro dadi a madre vite. C C è un *cuscino* intermedio di rinforzo abbracciato dalle due impernature; ed *e*, *e*, *e*, *e*, *e*, *e*, sono *maschi* orizzontali ficcati a forza fra i vicendevoli risalti delle dentature, a fine di strignere l' armatura sopprimendo quel giuoco che si era dovuto lasciare nel taglio dei denti onde facilitare l' unione dei due pezzi.

2. Altra armatura d' una trave destinata come la precedente, e composta di tre pezzi A A, B B, C C (fig. 32) adiacenti, ed incastrati a dentature oblique con risalti convergenti dall' alto al basso.

3. Armatura, o trave composta, destinata per membro principale di resistenza rispettiva, e formata di due pezzi laterali A A, BB, (fig. 33), i quali abbracciano due puntoni intermedi C, D inclinati, che si appoggiano nel mezzo alla chiave E, e con l' estremità inferiori ai due traversi F, F incastrati, e chiodati ai due pezzi laterali. Nella sommità la zeppa G è cacciata a forza entro la chiave E a fine di strignere il sistema; e le caviglie $h, h, h, \ldots$ servono ad assicurare ugualmente in tutti i punti l' unione delle parti che compongono l' armatura.

4. Entra fralle composizioni del primo genere l' unione dei tavoloni A, B, C ec. (fig. 34) costa a costa, o sia margine a margine, fatta per produrre un composto di data larghezza, il quale ordinariamente s' impiega in qualità di membro completivo di qualche sistema. L' unione dei vari pezzi si ottiene calettandoli a *incanalatura e linguetta*, o a *maschio e femmina*. Gli orli dei tavoloni s' apparecchiano alla calettatura con una pialla che dicesi *incorsatoio*, di cui i carpentieri ne hanno due specie, una per fare il maschio o sia la linguetta, l' altra per incavare la femmina o sia l' incanalatura.

§. 241. Intorno alla più vantaggiosa struttura della prima fralle armature testè descritte, e segnatamente per quei casi nei quali debba servire come membro di resistenza rispettiva, riferiremo alcune interessanti avvertenze fondate sui risultati ottenuti dal Duhamel (2) nei vari sperimenti da lui istituiti sopra consimili armature.

1. Giova che le due travi componenti siano presso a poco di uguali grossezze.

(1) Stratico — *Vocabolario di marina* — Ai rispettivi vocaboli.
(2) *Du transport, de la conservation et de la force des bois*. lib. V. cap. VIII.

2. Il miglior effetto in riguardo alla resistenza rispettiva si ottiene facendo il risalto dei denti uguale ad un settimo circa della grossezza del trave che si vuol comporre, e la lunghezza dei denti medesimi non minore del triplo della stessa grossezza.

3. Avvantaggerebbe la resistenza rispettiva dell'armatura, se i denti, invece di essere a piano inclinato, fossero parallelepipedi in modo, che i due pezzi A, B venissero immorsati l'uno nell'altro, come si vede nella figura 35.

4. Il trave superiore potrebbe essere formato di varj pezzi, purchè l'estremità loro fossero a perfetto contatto l'una dell'altra, senza che perciò avvenisse diminuzione alcuna nella resistenza rispettiva dell'armatura (§. 232).

§. 242. Soggiugniamo qui una serie di modelli per le composizioni del secondo genere, a cui abbiamo dato la denominazione di giunture (§. 238); delle quali alcune possono adattarsi ai membri di resistenza rispettiva, altre ai membri di resistenza assoluta negativa; e taluna può anche convenire ai membri dell'una e dell'altra classe. Questa distinzione è per sè stessa facile per poco che si voglia considerare, e raziocinare sulle figure che rappresentano i disegni geometrici delle singole giunture; laonde se ne può abbandonare l'esame all'intendimento degli studiosi.

1. Giuntura di due legni squadrati con incastro dell'estremità *a dente semplice in isquadro* (fig. 36).
2. *A doppio dente in isquadro* (fig. 37).
3. *A dente semplice obliquangolo* (fig. 38).
4. *A doppio dente obliquangolo* (fig. 39).
5. *A dente semplice in terzo*, o sia *a semplice ugnatura* (fig. 40).
6. *A doppio dente in terzo*, o sia *a doppia ugnatura* (fig. 41).
7. Giuntura con incastro *a penna* (fig. 42).
8. Giuntura di due travi *testa a testa*, con stecche e con cerchiature di ferro (fig. 43).
9. Giuntura di due pali *testa a testa*, con perno o *anima* di ferro (fig. 44).
10. Giuntura di due pali con incastro *a croce*, e con cerchiatura di ferro (fig. 45).
11. Giuntura di due pezzi squadrati con palellatura *a tanaglia* (fig. 46).
12. *A mezza tanaglia* (fig. 47).
13. *A forbice* (fig. 48).
14. *A dente composto* (fig. 49).
15. Altra giuntura con l'estremità semplicemente unite *margine a margine*, e assicurate con due cerchiature o *staffe* di ferro (fig. 50).
16. La stessa con una sola cerchiatura di ferro, e con una mensoletta o *gattello* (fig. 51).
17. Giuntura con incastro *capriolato* (fig. 52).
18. Giuntura con incastro *cruciforme* (fig. 53).
19. *A doppia coda di rondine* (fig. 54).
20. Giuntura con innesto a *zigzag* dritto, e con l'intromessione d'un maschio sciolto (fig. 55).
21. Altra giuntura con innesto a *zigzag dritto a sigillo* (fig. 56).
22. Altra a *zigzag cuneiforme* (fig. 57).
23. Altra a *zigzag cuneiforme rivoltato* (fig. 58).

§. 243. Di composizioni miste o riunioni ci si offrono due maniere co-

munemente usitate per formare le colonne o *candele* dei castelli o ponti posticci necessarj per l'esecuzione delle manovre nella costruzione dei grandi edifici.

1. Riunioni di travi verticali *a doppio*, con legature di *fibbie* o *ganasse* di legno chiodate; ovvero con cerchiature o staffe di ferro (fig. 59).

2. Riunione di travi verticali *a quattro* con ganasse di legno, o con istaffe di ferro come sopra (fig. 60).

Nelle più grandi armature, ove talvolta occorrono lunghissime colonne di straordinaria resistenza, si possono comporre queste in un modo analogo alle due riunioni descritte, congiugnendo le travi a *nove* e talvolta perfino a *sedici*.

§. 244. Negli esemplari che verremo ora enumerando si prenderà cognizione dei più usitati modi di eseguire le connessioni, o sia le congiunzioni vicendevoli dei membri che compongono qualunque sistema di legname.

1. Connessione con incastro semplice *a mezza grossezza* di due membri concorrenti ad angolo retto (fig. 61).

2. Connessione *a mezza grossezza* di due membri fuor di squadro (fig. 62).

3. Connessione con incastro semplice *a coda di rondine* (fig. 63).

4. A mezza *coda di rondine nascosta* (fig. 64).

5. Connessione di due membri in isquadro con incastro marginale *a maschio e femmina*, o sia *a dente e mortisa* (fig. 65).

6. Altra con incastro, come sopra, *a battente* (fig. 66).

7. Altra *a doppio dente*, o *a forcina* (fig. 67).

8. Connessione di due membri in isquadro con incastro angolare *a maschio e femmina* (fig. 68).

9. Connessione di due membri fuor di squadro con incastro marginale *a semplice dente cuneiforme* (fig. 69).

10. Altra con incastro marginale *a semplice maschio incassato* o *nascosto* (fig. 70).

11. Altra con incastro *a doppio dente cuneiforme* (fig. 71).

12. La stessa *con maschio incassato*, o *nascosto* (fig. 72).

13. La stessa *con doppio maschio incassato*, o sia *con forcina nascosta* (fig. 73).

14. La stessa *con triplice maschio* o *con tridente nascosto* (fig. 74).

§. 245. Le figure appartenenti alle diverse enumerate specie di congiunzioni nelle varie loro classi sono disegnate secondo una scala proporzionale, e quindi sono valevoli a dar lume sui rapporti che debbono regnare fra le parti diverse di ciascuna congiunzione. Il taglio per gl'incastri a coda di rondine (fig. 63) si suol eseguire dividendo in sei parti uguali la larghezza del legno, ed assegnando quattro di queste parti di larghezza all'estremità della coda, e due al collo, facendo la lunghezza della coda uguale a cinque delle parti medesime. Per le calettature a maschio e femmina (fig. 65, 67) al maschio si dà una grossezza uguale alla terza o alla quinta parte della grossezza del pezzo, nel quale va intagliato il dente, o la forcina, ed una lunghezza uguale ai due terzi o ai tre quarti della grossezza dell'altro membro in cui va incavata la mortisa; alla quale quindi si assegnano corrispondenti dimensioni. La robustezza delle congiunzioni dipende non poco dalle buone proporzioni delle parti che compongono gl'incastri; siccome dipende

pure assaissimo dall' esattezza del taglio delle parti medesime, il quale è un oggetto appartenente alla sterotomia.

§. 246. Un sistema di legname si conserva stabile nella sua forma per la solida connessione reciproca de' suoi membri, la quale si ottiene per mezzo di ben appropriati incastri, aiutati ordinariamente, siccome già si disse (§. 239), dalla forza d' opportuni legami ed impernature di ferro. Quando però la forma del sistema sia tale che per le rispettive posizioni dei membri componenti sussista l'equilibrio fra le potenze ad esso applicate, adempiendosi a tal uopo le condizioni stabilite dalla meccanica (1), e le connessioni dei membri sieno foggiate convenientemente, può rimanere assicurata la stabilità senza il sussidio di verun ferramento. La storia dell' arte ne offre fra gli altri un luminoso esempio nella struttura del ponte di legno, che Cesare fece fabbricare sul Reno, secondo il modello ingegnosamente ricavato dal Palladio (2) dalla descrizione datane da Cesare stesso, (3) diversamente interpretata da altri illustri architetti.

§. 247. Per mezzo d' alcune specie di connessioni, che diconsi *nodi*, si possono congiugnere insieme più pezzi di legno ad angolo intorno ad un punto comune di concorso; divenendo quasi un enigma il modo complicato della loro riunione. Tali sono le moltiplici specie de' così detti *nodi di Salomone*. Ma di questi sarebbe superfluo il far parole, essendo piuttosto da considerarsi come giuochi curiosi di meccaniche combinazioni, che come ripieghi dai quali l' architettura possa trarre qualche valutabile vantaggio.

§. 248. A talune meno comuni congiunzioni si può predisporre il legname ammollendolo per mezzo delle azioni combinate dell' umidità e del calorico (§. 221). Basti d' addurne qui un singolare esempio rappresentatoci dall' Hassenfratz (4). Si tratta d' unire il pezzo X (fig. 75) col pezzo Z facendo che la parte di mezzo del primo vada ad adattarsi nella cavità rettangolare del secondo, la qual parte e la quale cavità hanno uguali dimensioni, ad onta che i due capi del primo solido abbiano una maggior grossezza, come si vede nella figura. Il capo inferiore del maschio si riduce a forma di cuneo affinchè la sua estremità possa senza stento introdursi nella femmina; e quindi i due pezzi si tengono nell' acqua bollente quanto è necessario affinchè s' inzuppino d' acqua a saturità, ed acquistino bene a fondo una temperatura uguale a quella dell' acqua che bolle. Allora si strigne la femmina Z entro una morsa, affinchè per lo sforzo interno cui dovrà soggiacere non abbia a schiantarsi, e stretta fra le branche d' una tanaglia la punta del maschio, si presenta alla cavità della femmina; e battendo col maglio sul capo dello stesso maschio, succede che le parti trovandosi ammollite cedono alla forza dei colpi, ed il solido X si va ad accomodare nell' altro Z come vedesi in Y Y, riprendendo le parti dopo il raffreddamento e l' asciugamento il primitivo volume, in modo che diviene inconcepibile agl' inesperti in qual modo siasi potuto effettuare così strana riunione.

(1) Venturoli — *Elementi di Meccanica ed idraulica* — Vol. I lib. IV cap. V.
(2) *Dell' Antichità*. Lib. I cap. VI.
(3) *De Bello gallico* Lib. IV.
(4) *Traité de l' art du charpentier* — pag. 199.

CAPO VIII.

PRESERVAZIONE DEL LEGNAME.

§. 249. La durevolezza del legname può essere guarentita nelle costruzioni col soccorso d'alcuni preservativi, che l'esperienza ha dimostrati valevoli a proteggere il legno dalle diverse cause tendenti ad alterarlo e distruggerlo (§. 173). Faremo rapidamente la rassegna di tali preservativi, prendendo a considerare 1.° quelli che si oppongono alle perniciose influenze dell'umidità; 2.° quelli che difendono il legname dalla combustione; 3.° finalmente quelli che possono fare schermo al legno contro l'ingiurie delle brume, e degli altri vermi roditori.

§. 250. Era opinione comune che l'abbrostitura fosse valevole a preservare il legname dall'umido, e per conseguenza a renderlo immune per lunghissimo tempo dalla putrefazione. Quindi nacque l'antica pratica d'Architettura (1) di far abbrostire le punte dei pali e tutta quella parte di loro che è destinata a rimanere sotterra. Ed il preteso vantaggio di tale preparazione si voleva ripetere e dall'indurimento della sostanza legnosa, pel quale essa si rende meno accessibile all'umidità, e dalla virtù di quella crosta di carbone che si forma all'intorno del palo, la quale non riceve in sè l'umido, e non lo lascia passare ad invadere il legno avviluppato. Ma dappoichè il Duhamel con ripetuti sperimenti (2) ha fatto conoscere che dall'abbrostitura poco guadagno di durezza si ha nei pali di piccolo diametro, e pochissimo o nulla affatto nei pali di qualche grossezza; e che la spoglia carbonizzata difende bensì per qualche tempo il legno dall'umido, ma non impedisce per altro che coll'andar del tempo questo arrivi ad insinuarsi in quello, è svanita nell'architettura l'importanza della pratica d'abbrustolare i pali, e quindi n'è stato quasi generalmente abbandonato l'uso.

§. 251. Gl'intonachi resinosi ed oleosi, quali sono le spalmature di pece o di catrame, e le vernici a olio, formano come un'epidermide intorno al legno, la quale impedisce l'accesso all'umidità, e lo preservano così dalla corruzione. Prima di ricoprire il legname di tali intonachi, importa moltissimo d'esser sicuri che il legno sia perfettamente asciutto; poichè diversamente l'umidità rinchiusa non trovando più strada per uscire sarebbe costretta a fermarsi nel legno, e lo altererebbe in brevissimo tempo. Le vernici più ordinariamente usate nelle grandi costruzioni di legname destinate a soggiacere alle vicende dell'atmosfera si formano di terre ocracee, e di polvere di carbone macinate, e stemperate nell'olio cotto di lino o di noce. Le sostanze coloranti più fine e più costose, siccome la biacca, il verderame ec., si riserbano per le vernici di quei lavori, nei quali il colorito si vuol far contribuire all'abbellimento del sito in cui sono collocati, o alla decorazione della fabbrica di cui fanno parte. Ove non si ha altra mira che quella di favorire la durata del legname si usano per lo più o la semplice ocra rossa, o la gialla; ovvero il color di legno che si ottiene mescolando e stemprando nell'olio un quarto d'ocra rossa macinata con tre quarti di pasta d'ocra gialla; o finalmente talvolta il color d'oliva pro-

(1) Vitruvius — *De Architectura* — Lib. III cap. III.
(2) *Du transport, de la conservation, et de la force des bois.* Lib. III cap. I.

dotto dalla mescolanza d'un quarto di nero di carbone con tre quarti d'ocra gialla. Le paste si liquefanno nell'olio misto in parti uguali con lo spirito di trementina, quando interessa di sollecitare l'asciugamento delle vernici; e se si vuole un diseccamento quasi istantaneo, basta d'aggiugnere al miscuglio dell'olio con lo spirito un'ottava parte di litargirio. Le vernici si danno sui legni a due mani dopo di averli prima imbrattati con una spalmatura di semplice olio; e così l'intonaco diviene solido e spesso quanto è necessario per mettere il legname al sicuro dall'umido, e dai danni che ne derivano.

§. 252. Tre sono i mezzi che si propongono per preservare il legname dalla combustione, cioè 1.° le coperture o fodere di latta; 2.° la concia data al legno facendo sì che s'imbeva di qualche soluzione salina; 3.° e per ultimo, gl'intonachi o smalti refrattarj. Il giovamento di questi diversi preservativi consiste nel togliere la superficie del legno dal contatto dell'aria e dell'ossigene, senza del quale, siccome è noto nella Fisica, niun corpo si può mettere in combustione. Ma è d'uopo di conoscere fino a qual segno si possa confidare nell'efficacia di tali espedienti.

§. 253. Ricoprendo un pezzo di legno con un involucro di latta, ed avendo cura di sigillare perfettamente le commessure de' fogli con qualche mastice capace di resistere al fuoco, s'impedisce il contatto dell'aria sul legno, e quindi si chiude l'adito alla combustione. Ma questo preservativo, siccome è efficace a salvare il legname da un fuoco debole e passeggero, così non basta a garantirlo dagli effetti di un fuoco vivo e continuato; poichè arroventandosi la latta, l'intensità del calore produce la carbonizzazione del legno, il che basta per indebolirlo se l'alterazione non penetra di molto, e per rovinarlo se continuando l'azione del fuoco il pezzo giugne a carbonizzarsi tutto quanto. Oltre di che la forza del vapore, che si sprigiona in copia nella carbonizzazione del legno, facendo scoppiare la fodera di latta potrebbe aprire qualche varco all'aria, e quindi render affatto inefficace il preservativo. Per tali considerazioni la convenienza delle coperture di latta, le quali d'altra parte sono assai dispendiose, si limita a quei soli casi nei quali non si tratta che d'impedire un'istantanea accensione; e svanisce interamente riguardo a quei legnami, i quali potessero trovarsi nella circostanza d'essere investiti da un fuoco gagliardo e pertinace.

§. 254. Un preservativo di qualche efficacia contro gl'incendj è senza dubbio la concia data al legname con qualche soluzione salina; attesochè essendo incombustibili i sali che si adoperano, per tale apparecchio si rende difficile l'accensione di quei corpi che dai medesimi sali si trovano cospersi e penetrati. I sali riconosciuti più adattati per la concia del legname sono i solfati d'allumina e di ferro, noti nel commercio sotto le denominazioni d'allume e di vetriolo di ferro. I nitrati sarebbero pericolosi, poichè la decomposizione dell'acido nitrico, producendo copia di gas ossigeno, l'azione di questo contribuirebbe piuttosto a ravvivare il fuoco in caso d'incendio. Il muriato di soda, o sia il sal marino, avendo grandissima affinità con l'acqua, attirerebbe sul legname l'umidità dell'atmosfera, e quindi respingendone una vi richiamerebbe un'altra non men potente causa di distruzione. In generale le concie saline possono mantenere illeso il legname in mezzo ad un fuoco di breve durata, quantunque molto vivo; ma ad un fuoco intenso e continuato sono soggetti a decomporsi, e quindi lasciano

ben presto il legno senza difesa in preda alle fiamme, che l'accendono, ed in breve tempo lo riducono in cenere. Da che si deduce che la concia salina vale a ritardare l'incendio del legname, cioè a dire ad impedirlo finchè la temperatura non giunga al grado di poter cagionare la decomposizione dei sali assorbiti dal legno; ma non è per altro un mezzo efficace a preservare il legname dalla combustione, se questo venga per qualche tempo investito da un fuoco violento. Oltre di che non si può essere abbastanza sicuri che gli acidi delle sostanze saline adoperate nella concia, non sieno capaci di produrre a lungo gioco qualche perniciosa alterazione sul legno di cui sono messi a contatto.

§. 255. Gl'intonachi o smalti incombustibili, di cui può ricoprirsi il legname, producono lo stesso effetto delle fodere di latta (§. 253), e vanno altresì soggetti ai medesimi inconvenienti. A Londra comunemente si adopera uno smalto refrattario, che dicesi immaginato da lord Mahon, composto di una parte di calcina viva, due d'arena, e tre di fieno tritnrato. Questo si stende sui legni in uno strato sottilissimo. Ha la prerogativa d'essere assai economico: ma, oltre gl'inconvenienti comuni a tutti gli smalti refrattari, ha di più quello di essere facilmente calcinabile; onde assalito da un fuoco vivo e persistente, si converte presto in polvere e lascia il legno privo di difesa. Potrà quindi meglio convenire un'altra specie d'intonaco che non è soggetto alla calcinazione, e si forma d'argilla sciolta in un'acqua di colla, e stesa col pennello sulla superficie del legname a diverse mani, finchè abbia acquistato la grossezza di due o tre millimetri. Recentemente il dotto Fuchs socio dell'Accademia delle scienze di Monaco ha sperimentato con buona riuscita (1) ed ha messo in uso nel nuovo teatro della capitale della Baviera, uno smalto, di sua invenzione, composto d'arena umida ben lavata, e sciolta in una soluzione di potassa caustica. Tale apparecchio non è di molto dispendio, poichè si assicura che nel teatro di Monaco essendo stato applicato ad una superficie di m. q. 42200 circa, ha importato la discreta spesa di circa 850 scudi, (ital. l. 4559,609) vale a dire di soli due baiocchi (ital. l. 0,117) prossimamente per ogni metro quadrato.

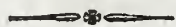
§. 256. Si deve concludere che sebbene niuno dei preservativi finora immaginati sia d'una decisa efficacia contro la combustione del legname, giova tuttavia di non trascurarne l'uso, non essendo piccolo il vantaggio che producono ritardando l'accensione dei legni, e lasciando così tempo all'operazioni necessarie per estinguere l'incendio prima che la possa del fuoco sia giunta ad annullare la virtù dei perservativi medesimi.

§. 257. Le salamoie, o conce saline, giovano anche a preservare il legname dal tarlo. Contro le brume possono essere di qualche efficacia a garantire il legname delle costruzioni marittime, gl'intonachi resinosi, o sia le spalmature di pece e di catrame, come si usa d'applicarle sulle carene dei bastimenti. Ma un rimedio veramente efficace ad esimere il legname dalla rosura de' vermi acquatici sarebbe quel doppio intonaco di cui si servono nelle Indie Orientali per ispalmare le navi (2). Il primo strato è formato d'un mastice che chiamano *sarangousti*, composto di calcina viva finissima, preferendosi quella che si ottiene dalle conchiglie, impastata con pece grassa

(1) *London, Journal of arts* — Settembre 1825, pag. 275.
(2) Stratico — *Vocabolario di marina* — Artic. *gale gale*, e *sarangousti*.

liquefatta, e con piccola quantità d'olio di noce, o di senape, o di qualunque altro seme. La pasta si batte e si manipola quanto basta, e quindi si stende a mano ricoprendone tutti i commessi della nave. Il secondo strato, che dicesi *gale gale*, si forma con un'altra mistura di calcina viva di conchiglia, d'olio, e di poco catrame; la quale quando è ben impastata si stempera con altro catrame in quantità sufficiente, e si distende sul primo strato di sarangousti. L'intonaco vien ricoperto da una fodera di tavole. Esso acquista una straordinaria durezza, che lo rende immune dal morso delle brume, le quali così non penetrano oltre la fodera esteriore; e questa si rinnova le quante volte occorre onde mantenere lo spalmo a difesa del corpo della nave, che giugne a durare così preservato perfino ad oltre un secolo.

SEZIONE SECONDA

USI PARTICOLARI DEL LEGNAME NELL'ARCHITETTURA

CAPO IX.

DEGLI ASSITI, E DE' SOLAJ.

§. 258. *Assito* significa parete di legno. In Italia l'uso degli assiti si limita ordinariamente alla costruzione di muri divisori o di tramezzo; ed a quei soli casi, nei quali si è costretti ad appigliarsi a tale ripiego o dall' angustia dell' area in qualche abitazione, o dalla mira di non aggravare soverchiamente le parti inferiori d' un edifizio, o finalmente dalla necessità di procurare la maggior economia nella spesa. Tuttavia, sebben di rado, si presentano dei casi nei quali occorre di fabbricare qualche abitazione composta semplicemente di legname, ove debbasi apprestare sollecitamente un ricovero, senza che si possa aspettare quanto bisognerebbe per la costruzione, e per l' asciugamento d' una fabbrica di muro, o qualor non si tratti che di provedere ad una passeggera circostanza. Così, per esempio, quando accade di dover costruire corpi di guardia o casotti per la Forza armata nell' occasione d' un cordone sanitario, o nella minaccia di qualche nemica incursione. In altre parti, e segnatamente nelle settentrionali dell' Europa, è frequente l'uso delle fabbriche di legno, ove l'abbondanza del legname, la carestia degli altri materiali, e l' interesse di avere abitazioni portatili, rendono questo modo di costruzione più confacente d' ogni altro ai calcoli speculativi di alcune popolazioni dedite unicamente al commercio.

§. 259. Gli assiti ordinari sono formati d'un'orditura di legni verticali o sia *colonne,* concatenati da altri legni orizzontali chiamati *traversi,* e d' una fodera di tavole chiodate, e talvolta anche unite a incanalatura e linguetta (§ 240 n.° 4), adattata all'ossatura o da una sola o da entrambe le parti. Di tal foggia è la struttura più comune delle capanne campestri, delle quali abbiamo già in addietro descritto un modello (§. 228); e può valere anche all' occorrenza per la costruzione dei Corpi di guardia, e dei casotti sanitarj. Le tavole *a, a, a,*... (fig. 76) componenti la fodera esteriore delle pareti, e la copertura del tetto, è utile che siano poste in declivio e a ridosso l' una dell' altra, onde impedire che l'acqua piovana scorrente sulle medesime possa insinuarsi nelle commessure, e penetrare nell' interno dell' abitazione. Nelle contrade settentrionali si costruiscono case portatili di varie forme, le quali hanno i membri così congiunti fra loro che possono dismettersi senza il menomo guasto, e ricomporsi con somma speditezza; essendo tutti i pezzi contrassegnati in modo, che non può accadere alcun equivoco circa le rispettive collocazioni. Sono pricipalmente semplici e comode quelle che hanno le pareti composte di fusti orizzontali squadrati, sovrapposti gli uni a contatto degli altri, e connessi ad incastro ove s' incontrano quelli d' una parete con quelli d' un' altra, come più che da una

semplice descrizione si potrà comprendere dall'ispezione della fig. 77. Tale presso a poco era la struttura delle abitazioni de'Colchi popoli del Ponto, di cui abbiamo ragguaglio da Vitruvio al Capo I del libro II.

§. 260. I solai sono ordinariamente composti di travicelli orizzontali equidistanti, con le loro estremità appoggiate a due muri laterali, e sostenuti anche talvolta da travi traversali intermedie sorrette dagli altri due muri, che insieme con i primi rinchiudono l' ambiente, che dal solaio dev' essere ricoperto. Tale orditura di travicelli sostiene un tavolato, ovvero un mattonato; e bene spesso l' una e l' altra cosa insieme. La solidità d' un solaio dipende 1.° dalle dimensioni, e dalla distanza dei travicelli; 2.° dalla stabilità del loro collocamento.

§. 261. Sia p la larghezza d' un solaio e sia q la sua lunghezza, vale a dire la distanza dei due muri sui quali debbon posare i travicelli; e dicansi z la distanza fra un travicello e l' altro, x la larghezza, y la grossezza di ciascun travicello. È chiaro che il numero dei travicelli componenti l'orditura del solaio sarà espressa da $\frac{p}{x+z}$, e quindi essendo (§. 159 n.° 8) la resistenza rispettiva di ciascun travicello eguale a $\frac{2kxy^2}{q}$, si avrà la resistenza dell'intera orditura, o sia l'aggregato delle resistenze di tutti i travicelli che la compongono, dalla formola $\frac{2kpxy^2}{q(x+z)}$. Qualora dunque si conoscesse la resistenza R necessaria nel solaio delle supposte dimensioni, e fossero dati due dei tre elementi x, y, z, si avrebbe per determinare il terzo l' equazione

$$R = \frac{2kpxy^2}{q(x+z)}$$

È stato dimostrato dall' esperienza, per quanto si afferma da autorevoli scrittori (1), che se nell' orditura d' un solaio sia la distanza fra i travicelli uguale alla larghezza di ciascun travicello, cioè sia $x=z$, acciocchè la resistenza del sistema riesca proporzionata al carico cui sono ordinariamente sottoposti i solai nelle fabbriche civili, è necessario che si faccia $y=\frac{q}{24}$, o sia la grossezza dei travicelli uguale alla ventiquattresima parte della lunghezza del solaio. Deve avvertirsi che l' osservazione è stata fatta sui solai comuni di Parigi, i quali sono orditi con travicelli di querce, pei quali il coefficiente della resistenza rispettiva è $k = 2565000$ (§. 161). Quindi possiamo su questo dato stabilire il valore della resistenza necessaria al solaio, ponendo generalmente

$$R = \frac{2.\ 2565000\, p\, q^2 x}{2.\ (24)^2\, q\, x} = \frac{2565000\, p\, q}{(24)^2};$$

e conseguentemente l' equazione generale della stabilità d' un solaio ordinario sarà

$$\frac{2565000\, q}{(24)^2} = \frac{2kxy^2}{q(x+z)}$$

(1) Rondelet — *Traité theorique et pratique de l' art de' bâtir* — Lib. VI sez. II. artic. II. Borgnis — *Traité élementaire de construction* — Lib. II cap. III.

§. 262. Per mezzo di quest'equazione ogni qualvolta debbasi costruire un solaio con travicelli di data specie di legno, dati che sieno due dei tre elementi x, y, z potrà determinarsi il terzo in modo che resti provveduto alla condizione della stabilità. Per lo più accade che sono date le dimensioni dei travicelli, ed occorre di determinare la distanza a cui debbono esser collocati l'uno dall'altro, vale a dire l'elemento z. Per questo caso l'equazione facendo $x + z = A$ si converte nelle due

$$(\alpha) \ldots\ldots A = \frac{2.(24)^2 k x y^2}{2565000 q^2},$$

$$(\beta) \ldots\ldots z = -x;$$

le quali possono comodamente servire per la numerica determinazione dell'intervallo z da lasciarsi fra due travicelli contigui.

§. 263. Se per esempio si volesse formare un solaio con travicelli di castagno della riquadratura di met. 0,111, come si hanno nell'ordinario assortimento di Roma (1), e fosse l'ambiente da ricoprirsi di pianta quadrata col lato di metri 3; facendo nelle due equazioni (α), (β), $q = 3$, $x = y = 0{,}111$, $k = 2392500$ (2), si troverebbe prima $A = 0{,}16$, e quindi $z = 0{,}05$. Laonde si scopre che i travicelli dovrebbero essere collocati a distanza non maggiore di cinque centimetri l'uno dall'altro.

E se si dovesse costruire un solaio delle stesse dimensioni, impiegando come travicelli dei morali di larice dell'assortimento veneto, i quali hanno la riquadratura di m. 0,087 (3), non si avrebbe che da porre nelle due equazioni $q = 3$, $x = y = 0{,}087$, $k = 2107048$ (4), e si otterrebbe con breve calcolo numerico $A = 0{,}07$, e $z = -0{,}017$. Il valor negativo di z ci avvertirebbe in questo caso che il morale di larice è troppo fiacco per poter servire da travicello in un solaio della supposta lunghezza di metri 3.

§. 264. Se si volesse conoscere qual fosse il più lungo solaio che si potesse costruire con travicelli di data riquadratura, basterebbe di supporre $z = 0$ nelle due equazioni (α), (β), (§. 261), e si otterrebbe

$$q = \frac{24 y \sqrt{2k}}{\sqrt{(2565000)}};$$

e questo valore di q esprimerebbe evidentemente il limite della lunghezza dei solai, che possono essere orditi con travicelli di grossezza y dipendentemente dalla condizione della stabilità. Così pei travicelloni di castagno dell'assortimento romano, che hanno la riquadratura di m. 0,149 (5), e pe' quali $k = 2392500$, si troverebbe $q = 4{,}88$; il che significa che per un solaio lungo m. 4,88 i travicelloni dovrebbero esser collocati aderenti l'uno all'altro, e che per un solaio più lungo di m. 4,88 i soli travicelloni non potrebbero essere adattati a formare un'orditura abbastanza resistente.

(1) V. la tabella I in seguito al §. 192.
(2) V. il prospetto delle proprietà architettoniche del legname in seguito al capo II artic. *castagno salvatico*.
(3) V. la tabella II in seguito al §. 192.
(4) V. il già citato prospetto dopo il Capo II artic. *pino larice*.
(5) V. la tabella I dopo il §. 192.

§. 265. A fine d'aver modo di fermare l'estremità delle tavole, che ordinariamente debbono essere soprapposte per traverso all'orditura del solaio (§. 259), è necessario che due travicelli sieno posti aderenti ai muri laterali dell'ambiente. Da ciò nasce che il numero dei travicelli, come è stato determinato in addietro (§. 260), deve necessariamente essere accresciuto di uno; e quindi ritenute le precedenti denominazioni, e chiamato n il vero numero dei travicelli occorrenti per la formazione d'un solaio della larghezza p, sarà $n = \frac{p}{x+z} + 1$, ove se $\frac{p}{x+z}$ ha un valore numerico frazionario, si deve in vece di quello prendere il numero intero che è ad esso più prossimo. E la distanza reale d che rimarrà fra i travicelli si avrà dall' equazione $nx + (n - 1)d = p$, da cui si ricava $d = \frac{p - nx}{n - 1}$. Nell' esempio primo del §. 262 si troverebbe così $n = 20$, e $d = 0{,}044$; onde il solaio sarebbe composto di venti travicelli, distanti m. 0,044 l'uno dall' altro.

§. 266. Sui più vasti ambienti non avendosi, o non potendo convenire di adoprar travicelli che arrivino dall'uno all'opposto muro, si rende necessario di dividere l'orditura del solaio in due o più parti, che in Roma diconsi *passine*, per mezzo di una o più travi trasversali, le quali fanno le veci d'altrettanti muri, e servono d'appoggio all'estremità dei travicelli. In questi casi le travi, siccome si è potuto raccogliere dall' esperienza, supponendo che sieno di sezione quadrata, abbisognano di una grossezza uguale ad una diciottesima parte della distanza de' muri, sui quali si appoggiano. In Roma, e nella maggior parte dei paesi dell' Italia, i solai vengono composti ordinariamente di travicelli molto distanti fra loro, e per supplire al difetto di resistenza, che deriva dalla radezza dei travicelli, si collocano al di sotto di essi per traverso delle travi di sostegno. Da questo modo di struttura derivano due inconvenienti comuni nelle nostre abitazioni. L'uno si è che la grossezza delle travi occupa una parte non piccola dell' altezza delle camere, e rende queste più basse di quello che sarebbero se il solaio fosse composto di soli travicelli; il qual difetto si rende particolarmente sensibile quando si vogliono ricoprire le stanze con plafoni, o soffitti di tavola, di canna, o di tela per renderle regolari, ed abbellirle. L'altro nasce dalla non uguale resistenza del solaio in tutte le sue parti, di che è necessaria conseguenza quel sì frequente movimento oscillatorio de' nostri pavimenti sotto il piede delle persone anche più posate, che vi camminano.

§. 267. La resistenza del solaio si corrobora non lievemente fissando saldamente i travicelli alle loro estremità (§. 159 n.° 10); e s'impedisce così inoltre quello scuotimento, a cui l'elasticità naturale del legname rende più o meno soggetti i solai al moversi delle persone sui soprapposti pavimenti. Ma ben poco è il vantaggio che può sperarsi dall' infiggere semplicemente i travicelli a qualche profondità nei muri, in vista specialmente della debole presa, che, come altra volta avvertimmo (§. 163 n.° 5), le malte fanno sul legno. L'espediente più vantaggioso si è di connettere l'estremità dei travicelli a due architravi aderenti ai muri d'appoggio, ed anzi internati di fianco nei medesimi alla profondità di circa m. 0,10, con l'estremità conficcate nei muri laterali, e sostenuti da intermedj modiglioncini di ferro a distanza d'un metro circa l'uno dall' altro. La connessione dei tra-

vicelli con l' architrave si fa a mezza coda di rondine nascosta (§. 244 n.° 4). La riquadratura dell' architrave vuol essere a quella dei travicelli nel rapporto di due a tre.

§. 268. La struttura che abbiamo descritta, e le regole che abbiamo stabilite appartengono ai solai ordinari delle fabbriche civili, i quali non hanno altro uffizio che quello di separare i diversi piani dell' edificio, e di resistere ai carichi discreti che sogliono sovrastare ai pavimenti nelle domestiche abitazioni. Struttura più solida si richiede per quei vasti solai, che sono soggetti a sopportare straordinari carichi: come per esempio quando il locale superiore è destinato ad uso di granaio, ovvero di sala per pubbliche adunanze. In questi casi è d' uopo di adoperare grossi travicelli, di moltiplicare al di sotto le travi, e di corroborarle con armature e con membri ausiliari, se la vastità del locale, e l' eccedenza del carico ne fanno conoscere il bisogno, affinchè dalla studiata combinazione di robuste membra risulti un sistema dotato di tutta la necessaria resistenza. Questa devesi in ogni caso desumere dal massimo gravame di cui si può supporre caricato il solaio nella particolare sua destinazione. Nei granai si può fissare che la massima altezza del grano sia d' un metro e mezzo, e quindi essendo 757 la gravità specifica del frumento, ne segue che il massimo carico che potrebbe sovrastare al solaio è di chilog. 1135,5 sopra ciascun metro quadrato della sua area. Per le sale d' adunanza ciascun metro quadrato del pavimento è capace di contenere al più sei persone in piedi, onde essendo il peso medio d' un uomo, giusta i dati dell' esperienza, di chilog. 70 (1), il massimo peso che potrà aggravare il solaio deve valutarsi di chilog. 420 per metro quadrato. Conoscendo così il carico a cui il solaio dev' esser atto a resistere, non sarà difficile di determinare con una ragionata applicazione delle formole e delle avvertenze riferite nel capo II la resistenza, che dovrà essere esercitata da ciascuno dei membri del sistema, e quindi le dimensioni competenti ai singoli membri dipendentemente dalle rispettive posizioni, o viceversa.

§. 269. Nella struttura dei grandi solai, in mancanza di travi che abbiano la requisita riquadratura, si supplisce con quelle che possono aversi rinforzandole con pezzi accessorj, in modo che se ne accresca la resistenza rispettiva quanto è necessario per l' ufficio a cui vogliono destinarsi. Le travi composte che ne risultano diconsi *travi armate*. La maniera che più ordinariamente si pratica per armare una trave T T (fig. 78), consiste nell' adattarvi al di sopra due puntoni P, P a contrasto, uniti a denti di sega *d,d,..*, e stretti da fasciature di ferro, F, F, al legno principale. Talvolta si usa di intromettere ai due puntoni, P, P, una chiave orizzontale C (fig. 79). Si dà per regola che non debbansi fare le incisioni nel trave per la connessione dei pezzi di rinforzo a distanza minore di circa cinque decimetri dalle due estremità, onde non incorrere nel pericolo che lo sforzo fatto dai puntoni sulle tacche produca qualche scheggiatura alle stesse estremità del trave. Affinchè le teste dei puntoni sieno a perfetto combaciamento, e sia tolto qualunque gioco fralle medesime, giova di frapporre ad esse una lamina di piombo. E giova altresì di conficcare delle zeppe di legno in quei vani che potessero rimanere fralle congiunzioni della trave con i puntoni, affinchè

(1) Hachette — *Traité élementaire des machines* — Paris 1819 pag. 40.

il sistema riesca strettamente unito, e possa essere equivalente ad un solido tutto d' un pezzo.

Il mezzo più semplice di fortificare una trave, aumentandone la resistenza rispettiva, è quello che consiste nella semplice inserzione forzata d' un cuneo di legno dentro una incisione aperta a qualche profondità dall' alto al basso nel mezzo della trave, siccome fu già notato altra volta (§. 232). L' esperienza ha dimostrato potersi aumentare con tale artifizio la resistenza rispettiva del trave perfino d' un sesto del suo naturale valore, cioè di quel valore che le compete dipendentemente dalle dimensioni del solido.

§. 270. Più frequentemente invece d' armare le travi nei modi poc' anzi indicati, quando per le scarse loro dimensioni non offrono la necessaria resistenza rispettiva, si preferisce di rinforzarle con membri ausiliari, che servono loro inferiormente di sostegno. Così la trave T T d' un solaio (fig. 80) si può rinforzare per mezzo di due saettoni S, S, i quali hanno l' estremità inferiori impostate nei muri laterali della fabbrica, e con l' estremità superiori sorreggono il trave mediante l' interposto *cuscino*, o *capezzale* C C. Questo sistema ci porge occasione di mettere in campo uno di quei problemi, che includono la ricerca della più vantaggiosa collocazione de'membri ausiliari (§. 236). Vediamo brevemente da quali considerazioni abbiasene a ricavare la soluzione.

§. 271. Il trave orizzontale A B (fig. 81), sostenuto dai piedritti A M, B N, debba essere rinforzato mediante il saettone C D, e vogliasi indagare quale sia la collocazione più vantaggiosa di questo. Si cominci dal riflettere che il trave A B avrà nella testa C del saettone un terzo punto d' appoggio, onde la sua resistenza rispettiva dovrà desumersi da quelle dei due segmenti A C, C B, ciascuna delle quali è inversamente proporzionale alla lunghezza del rispettivo segmento. Quindi supponendo il carico superiore ugualmente distribuito per tutta la lunghezza del trave, è chiaro che il massimo vantaggio si avrà allorchè il punto C cadrà nel mezzo del trave A B, nel qual caso la resistenza rispettiva di ciascuno de' segmenti A C, C B sarà proporzionale a $\frac{4}{(AB)^2}$, mentre senza l' appoggio intermedio in C la resistenza rispettiva del trave sarebbe proporzionale ad $\frac{1}{(AB)^2}$. Non è per altro necessario d' accrescere la resistenza rispettiva del trave fino a questo massimo grado, e basterà di collocare l' appoggio intermedio in modo, che la resistenza rispettiva del segmento maggiore C B riesca valida a far contrasto al carico superiore che tende ad incurvarlo. Suppongasi dunque fissato per tal modo il punto C; ed affinchè resti completamente determinato il collocamento del saettone, rimarrà da fissarsi il punto D, vale a dire l' imposta di esso saettone. Ora facilmente si scorge che questo punto D vuol essere scelto in guisa, che mentre per una parte il saettone non abbia a riuscir così lungo, che divenga inabile a resistere alla pressione esercitata dal carico superiore sulla sua cima in C, per un' altra parte, attesa la poca sua lunghezza, e la troppa sua declinazione dalla verticale, non abbia a spingere soverchiamente il piedritto A M.

§. 272. Sieno a la grossezza, b la larghezza, c la lunghezza del trave A B, e sia P il peso che lo aggrava distribuito equabilmente su tutta la lunghezza. Pongasi $AC = x$; e quindi $CB = c - x$. Sarà il segmento C B

equabilmente aggravato dal carico $\frac{P(c-x)}{c}$, che equivale (§. 159 n.° 12) ad un peso $\frac{P(c-x)}{2c}$ applicato al punto di mezzo del segmento medesimo. D'altronde la resistenza rispettiva del segmento C B è espressa (§ 159 n.° 8, §. 163 n.° 4) dalla formola $\frac{a^2 bk}{5(c-x)}$. Si avrà dunque per determinare il valore di x, e la posizione del punto C l'equazione $\frac{P(c-x)}{c} = \frac{a^2 bk}{5(c-x)}$.

Consideriamo ora che l'appoggio C sostiene la metà di tutto il carico superiore P, e rappresentiamo con la verticale C F il peso $\frac{P}{2}$ che preme nella sommità C il saettone D C. Decomponendo la forza C F nelle due C K, C E, la prima in direzione della D C, l'altra ad essa perpendicolare, e facendo A D $= y$, sarà C K $= \frac{Py}{2\sqrt{(x^2+y^2)}}$; e questa è la forza a cui dovrà opporsi la resistenza assoluta negativa del saettone, contro cui non agisce per conto alcuno l'altra componente C E, la quale non tende che a far rotare il saettone intorno all'estremità D, e si suppone vinta dalla fermezza della connessione del saettone medesimo alla trave nel punto C. Sieno α la grossezza, β la larghezza, γ la lunghezza del saettone, e la sua resistenza stabile alla compressione verrà espressa (§. 164 n.° 1, §. 168) da $\frac{\alpha^2 \beta h \pi^2}{3.4\gamma^2}$, o sia $\frac{\alpha^2 \beta h \pi^2}{3.4(x^2+y^2)}$, poichè evidentemente è $\gamma^2 = x^2 + y^2$. Qualora per tanto sieno α, β dimensioni date, l'equazione

$$\frac{\alpha^2 \beta h \pi^2}{3.4(x^2+y^2)} = \frac{Py}{2\sqrt{(x^2+y^2)}}$$

darà il massimo valore d'y, per cui resterà assicurata la stabilità nel sistema, in quanto dipende dalla resistenza assoluta negativa del saettone.

Osserviamo finalmente che il saettone C D è spinto contro il piedritto A M nel punto D dalla stessa forza C K $= \frac{Py}{2\sqrt{(x^2+y^2)}}$ accresciuta di quella, che deriva dal peso proprio p del saettone, la quale si trova facilmente eguale a $\frac{py}{\sqrt{(x^2+y^2)}}$. Quindi il piedritto è spinto nel punto C dalla forza complessiva $\frac{(2P+p)y}{4\sqrt{(x^2+y^2)}}$ nella direzione C D. Sarà dunque la spinta orizzontale contro il piedritto nel punto C espressa da $\frac{(2P+p)xy}{4\sqrt{(x^2+y^2)}}$. Uguagliando questa spinta alla resistenza del piedritto, ovvero il momento di quella al momento di questa, a seconda della natura e della forma del piedritto, si avrà una nuova equazione per mezzo della quale si otterrà quel minimo valore di y, che può convenire alla stabilità del sistema, per quanto concerne la fermezza del piedritto contro la spinta che su di esso viene esercitata dal saettone.

Si conclude che il collocamento del saettone verrà determinato dal trovato valore di x, e da tutti quei valori di y che sono compresi fra il massimo ed il minimo testè additati.

§. 273. Potria succedere in qualche caso particolare che il massimo valore di y dedotto dalla condizione della stabilità, relativamente alla resistenza assoluta negativa del saettone, fosse minore del minimo valore della stessa y ricavato dall' altra condizione, a cui si attiene la fermezza del piedritto contro la spinta del saettone medesimo. Ciò dimostrerebbe che nelle supposte circostanze di carico e di resistenza non può provvedersi alla stabilità del sistema col semplice rinforzo d' un saettone della divisata riquadratura. E quindi a rendere fermo il sistema sarebbe d' uopo o d' impiegare un saettone di riquadratura maggiore, o di mettere in opera il dato saettone collocandolo a norma del massimo valore di y, ed aumentando opportunamente la resistènza del piedritto per mezzo di qualche contrafforte; o finalmente di situare il dato saettone in conformità del minimo valore di y, compatibile con la resistenza del piedritto, rinforzando il saettone, per sè solo troppo debole, con l'aggiunta di qualche altro membro ausiliario.

§. 274. Sono queste le considerazioni che generalmente debbon servire di norma nella soluzione del proposto problema, e che possono anche dar lume in quei casi speciali della pratica, nei quali, per qualche circostanza estranea alla stabilità del sistema, il collocamento del saettone dovesse essere vincolato a qualche particolare condizione. Lasceremo poi agli studiosi l' assunto d' applicare le considerazioni medesime al caso in cui si trattasse di rinforzare la trave orizzontale A B con due saettoni, come vedesi nella fig. 80, o con un maggior numero di saettoni, siccome talvolta occorre nella costruzione dei grandi ponti di legname, conforme si vedrà a luogo opportuno.

§. 275. Merita d' essere considerato il caso, che pur talvolta si offre agli architetti, d' avere a comporre qualche solajo di sole travi, le quali sieno più corte della distanza che passa fra i due muri d' appoggio. Il Serlio (1) propose un ingegnoso sistema, mediante il quale i travi sono combinati in guisa che si sostengono vicendevolmente, essendo una sola estremità di ciascuno appoggiata sui muri che contornano l' ambiente. Dall' attenta ispezione della fig. 82 potrà prendersi più chiara idea di tale struttura che da qualunque verbale descrizione. Nell' Olanda, a relazione del Krafft (2), si sogliono comporre de' solai con travi di varie lunghezze, combinati nel modo che vien rappresentato nella fig. 83. Le travi a, a sono appoggiate sui muri che concorrono in angolo; l' altre b, b si appoggiano con una delle loro estremità sul muro, e con l' altra sopra alcuno dei pezzi a, a; le c, c posano con una estremità esse pure sul muro, e con l' altra sopra alcuno dei pezzi b, b; tutte l' altre travi sono sorrette da quelle fin qui indicate, e ne sorreggono altri ordini più interni, siccome vedesi nel tipo. I diversi membri sono connessi l' un l' altro con incastro a maschio e femmina (§. 244). Questo sistema, che è stato pur messo in uso a Parigi, modificato in varie forme, oltre l' irregolarità del compartimento che produce nel soffitto, presenta il rimarchevole inconveniente (3) di far sopportare tutto il carico del solaio da quei pochi membri, che sono appoggiati ai muri, il che non accade nel sistema Serliano, il quale perciò a buon dritto merita d' essere preferito.

(1) *De Architectura* — Lib. I.
(2) *Recueil de charpentes* — Parte II pag. 8 tav. 21.
(3) Borguis — *Traité de construction* — Lib. II cap. III.

§. 276. Si possono anche formare dei solai di sole tavole. In tal caso queste si dispongono a tre ordini sovrapposti, come si scorge nella fig. 84; e si assicurano ad un telaio di travicelli *a*, *a*, *a*, *a*, nei quali vengono inserite, incavato a bella posta in quelli un canale o solco laterale. In ciascun ordine le tavole sono aderenti l' una all' altra, e unite insieme costa a costa (§. 240 n.° 4). Per maggior fortezza del sistema suol darsi a questi solai un' arcuazione con la saetta uguale a sette millesimi circa della diagonale del rettangolo formato dai muri che recingono la stanza. Ciascun ordine di tavole è fermato con chiodi sull' ordine sottoposto.

CAPO X.

TETTI O COPERTI DELLE FABBRICHE.

§. 277. *Tetto*, o *coperto*, è quella parte d' una fabbrica, che al di sopra la ricuopre, e ripara i muri e gl' interni ambienti dalla pioggia e dall' altre intemperie. Alcune fabbriche sono ricoperte di vôlte o di cupole d' opera murale, foderate esteriormente di lastre d' ardesia o di marmo, ovvero di lamine di piombo o di rame: ma è questo uno straordinario genere di coperti, il quale ai giorni nostri si riserba soltanto per gli augusti tempj, e per qualche cospicua parte de' più grandiosi edifici. Ordinariamente i tetti sono formati d' un' *armatura* di legname, alla quale è addossata una *copertura* di appositi materiali laterizj, ovvero di lastre d' ardesia; a cui nei più ignobili edifici campestri si sostituisce anche talvolta una spoglia di canne, di paglia, o di qualch' altra sorta di strame.

§. 278. Il tetto d' una fabbrica, o per meglio dire lo spazio da esso occupato, è un solido prismatico o piramidale, il quale sul piano orizzontale che passa per le sommità de' muri d' ambito, ha per base l' area racchiusa da essi muri. Le sue facce sono di figura rettangolare, trapezia, o triangolare, e fanno parte d' altrettanti piani inclinati, ciascuno dei quali passa per uno dei lati della base e per un punto o per una linea retta, che costituiscono il vertice o la cresta del tetto, secondo che la sua figura è piramidale ovvero prismatica. Se il coperto non ha che una sola faccia superiore inclinata, dicesi *ad un' acqua* o *ad una falda*; se ne ha due, dicesi *a due acque* o *a due falde*; quando ne ha tre dicesi *a mezzo padiglione* o *a tre falde*; e così *a quattro acque* o *a padiglione* quando le superficie superiori inclinate sono quattro; e generalmente dicesi tetto piramidale a cinque, a sei, e ad un maggior numero di falde, se le sue facce inclinate sono cinque, o sei, o in maggior numero.

§. 279. Agli edifici di pianta rettangolare si adatta per lo più un coperto a due falde, il quale risulta di figura prismatica triangolare, avente per base orizzontale il rettangolo racchius odalle sommità de' muri d' ambito. Le due falde si assumono sopra due piani egualmente inclinati in senso contrario, condotti pei due lati maggiori della base; i quali piani s' intersecano in una retta orizzontale, la di cui proiezione sul piano della base divide per metà l' uno e l' altro dei due lati minori della base medesima. Ciascheduna delle due falde presenta un rettangolo terminato da uno dei lati maggiori della base, dall' opposta intersezione dei due piani inclinati, e dalle intersezioni fra loro opposte del rispettivo piano inclinato coi due piani ver-

ticali condotti pe' due lati minori della base. In questo caso i due muri d'ambito più lunghi diconsi muri *di gronda*, e gli altri due, muri *di frontespizio*. L' intersezione delle due falde costituisce la cresta, o sia il *comignolo* del tetto.

§. 280. Passiamo tosto a vedere qual sia l' ordinaria struttura del tetto a due falde, di cui abbiamo testè descritta la geometrica costituzione. È necessario primieramente che ciascuno dei due muri di frontespizio sia rialzato con una protrazione superiore triangolare, di cui il vertice cada nel comignolo, ed i lati sieno nei due piani inclinati costituenti le falde del tetto. Tali protrazioni triangolari diconsi *frontoni*, ed anche *timpani*. Sui vertici di questi si appoggia un trave *c c* (fig. 85, 86, 87), il quale dicesi *colmareccio*, *colmello*, ed anche *asinello*, e costituisce materialmente la cresta del tetto: e quindi sui lati dei timpani medesimi si collocano l' altre travi equidistanti ed orizzontali *aa*, *aa*... chiamate *arcarecci*, *paradossi*, o *tempiali*, le quali formano la materiale orditura delle falde. Le teste degli arcarecci debbono essere infitte e murate nei timpani, in guisa che i dorsi di queste travi si trovino giacenti rispettivamente nei piani inclinati, che costituiscono le due falde; onde così le travi medesime siano saldamente ferme nelle posizioni loro assegnate. Sugli arcarecci si fissano per traverso i travicelli inclinati, ed equidistanti fra loro *p p*, *p p*... denominati *piane*, *palombelli*, *panconcelli*, o *correnti*, e destinati a sostenere immediatamente la copertura. Se la distanza dei due muri di frontespizio non è maggiore di m. 5,60 il tetto formato semplicemente nel modo descritto può riuscire bastantemente solido senza verun sostegno intermedio, purchè s' impieghino in qualità d'arcarecci dei travi di sufficiente riquadratura. Ma quando, siccome per lo più accade, i frontespizi sono a maggior distanza l'uno dall' altro, è necessario di sostenere il tetto con appoggi interposti e paralleli ai timpani. Avendosi qualche muro interno della fabbrica parallelo ai frontespizi, potrà questo servire di fermo sostegno protraendolo in alto a forma di frontone, in guisa che giunga a reggere gli arcarecci. Qualora poi non esista, o non si possa profittare d' alcuno di tali muri, ovvero sia soverchia la distanza fra questi muri e quelli di frontespizio, è forza di giovarsi d'opportune armature di legname, che diconsi *cavalletti* ed anche *incavallature*, poste a giuste e uguali distanze l' una dall' altra, sulle quali gli arcarecci possano trovare un numero sufficiente di fermi appoggi, onde sia loro impedito di curvarsi sotto il carico della sovrapposta copertura. La forma generale d' un' incavallatura è quella d' un sistema triangolare composto essenzialmente di tre membri, vale a dire la *catena* orizzontale C C (fig. 85) appoggiata sui muri di gronda, la quale chiamasi anche *corda* o *tirante*, e i *puntoni* P, P ugualmente inclinati in senso contrario, i quali sono pure denominati *braccia*, e *biscantieri*.

§. 281. Finchè si tratta di piccoli coperti di larghezza non maggiore di m. 6,50, i membri di ciascuna incavallatura sono semplici, cioè ognuno d'un solo pezzo, e non fa d' uopo di membri ausiliari (§. 227), purchè i principali s' adoperino di quelle riquadrature che occorrono per le resistenze che debbono rispettivamente esercitare. I puntoni hanno le loro estremità inferiori connesse alla catena con incastro marginale a semplice, o a doppio dente cuneiforme (§. 244 n°. 9, 11; fig. 69, 71) ed assicurate da staffe di ferro perpendicolari ai dorsi de' puntoni medesimi. Le loro sommità sono connesse o a semplice contatto verticale, e tenute ferme da una spranga

di ferro chiodata (fig. 88); o con incastro a mezza grossezza (§. cit. n.° 2 ; fig. 62) stretto da una o due caviglie di ferro; ovvero anche talvolta con l' inserzione d' un maschio di legno incavigliato (fig. 89). Gli arcarecci sono appoggiati sui puntoni , e sono trattenuti da gattelli di legno *n*, *n*, *n*. . . (fig. 85) chiodati ai medesimi puntoni. Le piane sono fermate con un chiodo a ciaschedun arcareccio che incontrano.

§. 282. Quando la tirata , o sia la larghezza del coperto fra i due muri di gronda oltrepassa i m. 6,50 , se si volesse stare alla semplice struttura finora descritta , s' incorrerebbe nella necessità d' impiegare pei vari membri dell' incavallatura travi di forte riquadratura molto costose , e talvolta difficilmente reperibili. Per lo che convien piuttosto di consolidare in tal caso i cavalletti con l' aggiunta di alcuni membri ausiliari. Fintanto che la tirata del tetto non arriva a m. 13, può essere sufficiente di frapporre un *monaco* o *colonnello* M (fig. 85) alla sommità de' puntoni , il quale mediante la sottoposta staffa S di ferro sostiene la catena C , e toglie il pericolo che questa possa incurvarsi per effetto del proprio peso , o per qualche carico estraneo , da cui per accidentali cause venisse gravata , e di aggiugnere due *razze* R , R appoggiate ed assicurate ai lati dell' estremità inferiore del colonnello , e sorreggenti con le loro teste i puntoni P, P onde poterne impedire l' incurvamento. Ovvero ancora può bastare il rinforzo di due sottopuntoni S , S (fig. 90) , e d' una *controcatena* K, K collocata a due terzi circa dell' altezza del cavalletto , siccome si osserva nell'incavallature binate del coperto di S. Saba sul monte Aventino , la di cui larghezza è di m. 9.90. Ma quei coperti che hanno maggiori larghezze esigono più robuste e complicate armature. Il tetto della nave principale nella chiesa di S. Sabina , posta sulla cima dello stesso monte Aventino, la di cui larghezza è di m. 13,60, è sostenuto da salde incavallature , in ognuna delle quali i membri principali sono rinforzati da altri membri ausiliari, i quali sono 1.° un monaco M (fig. 91); 2.° due razze R , R ; 3.° due sottopuntoni S , S; 4.° due mensoloni E, E, sottoposti all' estremità della catena C , e abbracciati dalle staffe di ferro *s*, *s* che stringono insieme la catena stessa , i puntoni, ed i sottopuntoni. Questa maniera d' incavallatura commendevole per la semplicità , e per la robustezza che in sè riunisce , meritamente si offre come un bell' esemplare da imitarsi nelle costruzioni de' grandi coperti.

§. 283. Generalmente la struttura dei cavalletti, destinati a sostenere i grandi coperti, della tirata perfino di m. 26 è contenuta nel sistema rappresentato dalla fig. 92. Si distinguono in esso i seguenti membri ausiliari, l' uso e la combinazione dei quali possono essere variati a seconda delle circostanze , e a senno degli architetti. 1.° Mensoloni sporgenti E, E in sostegno dell' estremità della catena C , C. 2.° Sottopuntoni S , S che servono di rinforzo ai puntoni P , P fino alla metà o ai due terzi della loro lunghezza. 3.° Controcatena K K, che dicesi anche *catena morta*. 4.° Monaco o colonnello principale M , al quale è affidata una staffa di ferro *r r* , che abbraccia la controcatena K K. 5.° Monaci laterali secondari N, N interposti ai sottopuntoni S , S, e alla controcatena K K , i quali per mezzo delle staffe di ferro *q q* , *q q* abbracciano e sostengono la catena C C. 6.° Razze R , R , R , R , R , R appoggiate e connesse all'estremità inferiori dei colonnelli M, N, N, delle quali le due superiori servono di rinforzo ulteriore ai puntoni; le due inferiori intermedie sono di sostegno alla controca-

tena; e le due altre sono principalmente destinate a far contrasto contro la spinta che le opposte potrebbero esercitare contro i monaci rispettivi, e ad impedire che questi avessero a declinare dalla verticale in caso di qualche cedimento dell'interposta controcatena. Qualora non si trovino, o non possano aversi che con eccessivo dispendio delle travi di sufficiente lunghezza e riquadratura per formare la catena e i puntoni d' un solo pezzo, si potranno fare questi membri di più pezzi congiunti, adoperando alcuna delle maniere di composizione, che furono descritte al capo VII.

§. 284. In conformità dell' esposto sistema generale erano foggiate le grandi incavallature del famoso coperto sulla navata maggiore nella basilica di S. Paolo distrutta dal deplorabile incendio del dì 16 Luglio 1823, quantunque in varie guise la struttura loro fosse modificata, in quanto all'uso, e alla combinazione de' membri ausiliari. La larghezza di quel coperto era di poco meno che 24 metri. Alcuna delle catene era formata d' una sola trave d' abete; e di questa specie di legno era composta tutta l' armatura di quel tetto, malgrado la credenza popolare che quell' immensa congerie di legname fosse tutta di travi del prezioso cedro del Libano. Fralle incavallature ve n'erano tuttora alcune ben conservate, di quelle che furono fatte l' anno 816 sotto il pontificato di Leone III. Sarà grato agli studiosi di rinvenire nell' opera di Rondelet i disegni, ed un'accurata descrizione delle principali incavallature, che sostenevano il tetto di quel mirabile edificio (1).

Abbiamo in questa capitale un altro bell'esempio di somiglianti incavallature nel coperto del teatro di Torre Argentina largo m. 23,70. La figura 93 ne fa conoscere la struttura, e le precise dimensioni di tutti i membri diligentemente riscontrate dagli allievi della scuola degl' Ingegneri, l' anno 1822. Si vedono in X, e in Z delineate a parte le giunture dei pezzi che compongono le catene, e i puntoni, le quali sono formate con grande intelligenza, e con singolare precisione. È da notarsi che i sottopuntoni non sono posti a contatto de' puntoni, ma alquanto discosti da questi. Si è forse per tal modo sagacemente avuto di mira di non indebolire l' estremità della catena con intaccature troppo vicine, di lasciare un gioco libero all' aria fra i vari membri, e di vantaggiare anche alcun poco la resistenza assoluta negativa, con la quale i sottopuntoni debbono contribuire insieme con la controcatena ad impedire l' incurvamento de' puntoni.

§. 285. Rarissimi sono gli esempi di coperti più larghi di m. 26, ma pure non ne mancano nella storia dell'architettura. L' arte abbisogna in questi casi di straordinari espedienti, nei quali risplendono l' inventiva ed il genio meccanico de' costruttori. Nulla havvi di più sorprendente in questo genere del tetto che ricopre la vastissima piazza d'armi fabbricata a Mosca sotto l'impero di Paolo I, la quale occupa un' area rettangolare lunga m. 584,64 e larga m. 94.19, ed offre in quel rigidissimo clima un temperato ricovero alle truppe di fanteria e di cavalleria per eseguirvi le militari manovre in tempo d' inverno. Nella fig. 94 si ha sotto l' occhio la metà della pianta, e nella fig. 95 la metà dello spaccato trasversale della piazza, ove scorgesi delineata la struttura d'una delle incavallature del coperto. Il principalissimo membro di tale incavallatura è l' arcone AA, composto di tre ordini di

(1) *Traite de l' art de bâtir.* Lib. VI sez. II artic. III.

travi accollate, e congiunte fra loro a dentature obblique, al quale sono raccomandati i puntoni P, P, e la catena CC per mezzo delle doppie *spranghe* o *staffoni* verticali di legno S, S, S... Abbracciano queste ad incastro l'arcone AA, sostengono la catena CC con istaffe di ferro *s*, *s*, *s*... sorreggono infine e stringono con le loro sommità pure ad incastro i puntoni P, P, come vedesi espresso nella fig. 96. L'altre spranghe oblique O, O, O, (fig. 95) concorrenti a *croce di S. Andrea*, servono alla concatenazione del sistema, e ad assicurare la stabilità della sua forma. Ciascuno potrà da questi pochi cenni farsi strada a considerare quali sieno gli uffici rispettivi, e quali le azioni scambievoli de' membri di codesta colossale armatura, e a ravvisare la semplicità e la robustezza d'un' opera veramente mirabile nel suo genere, di cui fu dato il progetto da un semplice carpentiere tedesco. Volendosi più minuti ragguagli intorno alla medesima può aversi ricorso alla bella collezione del Krafft già citata altra volta (§. 275), in cui ne sono riportati grandi e ben circostanziati disegni.

§. 286. Acciocchè non sia più d' uopo di ritornare su questa materia, sarà qui opportuno d' accennare i diversi generi di coperture, dei quali si fa uso secondo gli stili invalsi ne' vari paesi. Nella copertura possono distinguersi due parti, cioè *il letto*, e *la coperta*. Il letto suol essere formato o di mattoni sottili fatti a bella posta, che diconsi *pianelle*, e in qualche luogo anche *tavelle*, i quali sono appoggiati a contatto l' uno dell' altro sulle piane, e murati insieme con un cemento ordinario di calcina e d'arena; o di tavole aderenti l' una all' altra chiodate per traverso sulle piane; ovvero d' arelle o sia grisole (§. 19) intelaiate con pertichelle spaccate, e chiodate sulle piane. Di queste tre maniere la prima è la più durevole ed insieme la più confacente allo scopo d'impedire che l' acqua pluviale penetri nell' interno degli edifici; la terza è la più leggera e la più economica, ma nello stesso tempo la più labile e la meno adattata al detto scopo, e quindi non è ammissibile se non che come un ripiego d' economia nelle fabbriche rurali, e più di rado che sia possibile ne' civili edifici di minore importanza. La coperta ordinariamente si compone, conforme fu già avvertito (§. 276), o di lastre d' ardesia, ovvero d' appositi materiali laterizi denominati *tegole*, e volgarmente anche *tevole*.

§. 287. In Parigi s' adoperano le lastre d' ardesia di figura rettangolare, e di grossezza non maggiore di quattro millimetri. Le più grandi hanno circa m. 0,30 di lunghezza, e m. 0,22 di larghezza. Si collocano sopra un letto di tavole, disponendole a contatto l' una dell' altra in file regolari coi lembi inferiori esattamente allineati, e facendo sì che ciascuna fila sia ricoperta da quella che immediatamente le viene appresso, procedendo dal basso all' alto almeno per un terzo della sua lunghezza.

Ognuna delle lastre viene assicurata con due chiodi alle tavole che compongono il letto. Tali coperte d' ardesia sono leggerissime, poichè il loro peso non risulta che di chilog. 17 circa per metro quadrato, mentre l'altre specie di coperte usitate nella stessa capitale della Francia pesano per lo meno chilog. 77 per metro quadrato. È questa senza dubbio una valutabile prerogativa se si ha riguardo al vantaggio di caricare meno che sia possibile i muri delle fabbriche, considerando che la leggerezza della copertura dà campo d' alleggerire anche l' armatura semplificandone la struttura, e adoperandovi travi di riquadratura mediocre. A fronte di tale prerogativa le

coperture d' ardesia esigono un declivio assai forte; sono facili ad essere scomposte dal vento attesa l' estrema sottigliezza delle lastre; assorbiscono l' umidità specialmente nei tempi nebbiosi e piovigginosi, la quale s' insinua fra lastra e lastra come fa ne' tubi capillari, e si manifesta al di sotto della coperta, ove si comunica al legname che sostiene la copertura; finalmente in caso d' incendio l' ardesie ben presto si spaccano e danno adito all' aria, la quale sollecita i progressi del fuoco, e la distruzione dell' edificio. In vista degli esposti inconvenienti sono stati riputati degni d' encomio quei moderni Architetti parigini, i quali non curando una male intesa economia, hanno fatto uso in alcuni recenti edifici pubblici di coperture invero più costose, ma per altro più solide, più durevoli, impermeabili all' umidità, ed insieme adattate a lasciar facilmente scolare le acque, senza aver bisogno d' un declivio soverchiamente risentito (1).

§. 288. Le tegole hanno forme e dimensioni diverse secondo gli usi dei varii popoli. In Roma si conserva tuttora lo stile antico d' adoperare promiscuamente per le coperture le *tegole piane* (*tegulae hamatae*) e gli embrici (*tegulae imbricatae*) comunemente denominati *canali*, e in molti luoghi anche *coppi*. Generalmente negli altri paesi d' Italia si fa uso di questi ultimi soltanto. La tegola piana è un prisma di base trapezia (fig. 97), di cui a norma degli statuti camerali la lunghezza è d' once romane 21, equivalenti prossimamente a m. 0,391 (§. 191); la maggior larghezza d'once 18 e minuti 4, cioè m. 0,349; la minore d' once 15 e minuti 4, vale a dire m. 0,294; e la grossezza d' un' oncia e due minuti, che sono m. 0,026: con gli orli laterali rivoltati ad angolo retto in altezza d' once 2, o sia m. 0,037. Il canale è lungo quanto la tegola, grosso minuti 6, cioè m. 0,022; ed ha la forma d' un semicartoccio conico (fig. 98), di cui l' estremità più larga ha il diametro interno d' once 7,5, cioè m. 0,14; e l' estremità minore ha il diametro d' once 5, equivalenti a m. 0,093. Dall' uso promiscuo di queste due specie di tegole risulta la copertura romana, che dicesi volgarmente di tegole *maritate*. Il letto è formato di pianelle (§. 285), e chiamasi perciò *pianellato*. La pianella è lunga once 17, o sia m. 0,317; larga once 8,5, cioè m. 0,158; e grossa once 1,5 vale a dire m. 0,028; per lo che ne sono comprese 20 in un metro quadrato di pianellato. Le pianelle s, s . . . (fig. 99) sono appoggiate sulle piane pp . . . . ., che a tal' effetto si collocano ad opportuna distanza l' una dall' altra: sono murate insieme con buona malta e vengono trattenute *alla gronda*, cioè al lembo inferiore di ciascuna falda del tetto, dal risalto d' un regolo orizzontale $a\,a$ chiodato all' estremità delle piane; il quale dicesi *pedagnola*. Sopra il pianellato si forma la coperta con file alternate di tegole $t, t, t,$ . . . . e di canali c, c, c . . . , come si vede nella figura. Le tegole d' una fila si toccano con quelle delle contigue ai punti estremi delle basi maggiori. Tanto le tegole quanto i canali in una fila medesima sono accollati l' uno all' altro in guisa, che il superiore ricopre l' inferiore per l' estensione di circa m. 0,08. Da tale disposizione, e dalle riferite dimensioni legali delle tegole piane, e degli embrici, risulta che per la costruzione d' una canna quadrata (2) di tetto alla romana ab-

(1) Borgnis. — *Traité élementaire dè construction*. Lib. III, cap. III.

(2) La canna romana architettonica è composta di palmi 10; equivale a m. 2,234 (§. 191).

bisognano tegole maritate 45, cioè 45 tegole, ed altrettanti canali; e che in un metro quadrato di coperta entrano corrispondentemente 9 tegole ed altrettanti canali, siccome può verificarsi con un semplice calcolo numerico. Le tegole piane *g*, *g*...., che si pongono alle gronde, hanno i labbri paralleli, e la costante larghezza d' once 18 e 4 minuti, onde riescono per quanto sono lunghe aderenti l' una all' altra. Esse sono distinte col nome di *grondali*, vengono appoggiate sulla pedagnola, e sono murate insieme con gli ultimi canali lungo la gronda con una malta ordinaria di calcina e d' arena. Gli antichi solevano allettare in malta l' intera coperta, onde i tetti risultavano di quella inalterabilità, che tuttora si ammira in qualche avanzo dei vetusti edifici.

§. 289. Nella fig. 100 si vede come sono formate le coperte di semplici canali generalmente usate nell' Italia. Questa sorta di coperta si riconosce facilmente più adattata d' ogni altra a sollecitare lo scolo dell' acque pluviali. Altre maniere di coperture sono a noi affatto estranee; ma tuttavia non vuole lasciarsi di darne qualche leggero cenno. Nell' Olanda si adoperano delle tegole bistorte, che dagli autori sono chiamate tegole *fiamminghe*, ed hanno la figura d' un S giacente. Nella fig. 101 apparisce il profilo d' una coperta composta di siffatte tegole. A Parigi ed in molte province della Francia si fa comunemente uso di tegole rettangolari affatto piane, le quali si pongono in opera a somiglianza dell' ardesie (§. 287), e si fermano sopra un letto di tavole, o per mezzo di chiodi infilati in appositi forami fatti nelle tegole prima d' esporle al fuoco nella fornace, ovvero per mezzo di risalti, o denti che sporgono dalla faccia inferiore di ciascuna tegola; e si attaccano alle tavole componenti il letto. Ma questo sistema è ben lungi da quella buona riuscita ch' è propria delle nostre coperture; per lo che i più autorevoli fra quelli che recentemente hanno scritto d' architettura in Francia, non tralasciano d' esaltare i metodi italiani, e d' inculcare ai francesi costruttori la convenienza d' adottarli, siccome già si è fatto in alcuni de' pubblici edifizj ultimamente eretti in Parigi (1).

§. 290. Abbiamo fin qui soltanto fatto conoscere le forme di quelle armature, che sono applicabili ai coperti della specie più comune, vale a dire a due falde, e le varie sorti di coperture che possono generalmente adattarsi ai tetti di qualunque configurazione. Prima d' inoltrarci ad esporre come sogliano armarsi i coperti dell' altre specie, e ad esaminare alcune accidentalità, che bene spesso occorrono nella costruzione dei tetti, sarà opportuno che ci fermiamo ad esaminare da quali condizioni debba essenzialmente e generalmente ripetersi la buona costituzione d' un tetto, avendo non solo riguardo all' intrinseca sua solidità, e al pieno conseguimento di quell' effetto che forma lo scopo de' coperti (§. 277), ma bene anche all' esenzione de' muri laterali da ogni spinta orizzontale, e da un soverchio carico che potrebbero avventurarne la stabilità. Relativamente agli accennati riguardi possiamo stabilire che i requisiti essenziali per la buona costituzione di qualunque coperto sono i seguenti:

1.° Che l' inclinazione delle falde sia appropiata al clima del luogo, e alla qualità della copertura.

(1) Vedi le spesso citate opere d' Architettura di Rondelet e di Borgnis.

2.° Che il coperto non produca spinte orizzontali contro i muri laterali, e che gli aggravi del minor peso possibile.

3.° Che i membri dell'armature sieno di giuste dimensioni, tagliati e connessi esattamente, e disposti nel modo più favorevole ai diversi uffici di resistenza che dai medesimi debbono esercitarsi.

Vediamo in qual guisa possa ottenersi l'adempimento di tali requisiti.

§. 291. L'inclinazione de' coperti vuol essere tanto maggiore quanto più il clima va soggetto alle nevi e alle piogge; avvegnachè quanto più il tetto è inclinato tanto più è adattato a sopportare il carico delle nevi, e a facilitare lo scolo dell'acque pluviali. Laonde non è meraviglia se nell'Egitto, paese affatto esente dalle nevi e dalle piogge, le fabbriche non sono coperte che da terrazzi orizzontali; se nella Grecia, clima assai temperato ed in cui le piogge sono rarissime, e le nevi ignote, i coperti non hanno d'elevazione che la sola nona parte della larghezza; se per la nostra Italia il Palladio, ed altri maestri prescrissero che l'elevazione dei tetti non debba essere che di due soli noni della larghezza: mentre nella Russia, e nell'altre regioni settentrionali l'elevazione de' coperti giugne ad uguagliare l'altezza d'un triangolo equilatero costrutto sulla larghezza. Il Rondelet in seguito di copiose osservazioni fatte in diverse parti dell'Europa sopra antiche e sopra moderne fabbriche, ha creduto di potere stabilire una regola generale intorno all'inclinazione de' coperti; prescrivendo che l'inclinazione della falda all'orizzontale debba essere di tanti gradi quanti se ne contano nell'arco di meridiano interposto fra il luogo della fabbrica ed il tropico, vale a dire quanti ne restano sottraendo dalla latitudine geografica del paese la distanza costante del tropico dall'equatore, che è di 23.° 28′. Così per es. la latitudine di Roma essendo di 41.° 54′ sarà l'inclinazione de' coperti per questa capitale di 18.° 26′: mentre a Pietroburgo, ove si ha la latitudine di 59.° 56′, dovrà stabilirsi l'inclinazione dei tetti di 36.° 28′. Per altro questa regola appartiene a quei tetti che hanno la copertura di soli canali, e per l'altre specie di coperture ci suggerisce lo stesso Rondelet le seguenti modificazioni. Pei tetti di tegole maritate secondo lo stile di Roma l'inclinazione determinata per mezzo della surriferita regola deve aumentarsi d'un sesto; per quelli coperti d'ardesia l'inclinazione vuol essere accresciuta d'un quarto; e finalmente per quei tetti che hanno la copertura di tegole piatte all'uso oltremontano (§. 289) l'aumento deve portarsi ad un terzo. La seguente tabella ricavata da una più copiosa inserta nell'opera del prefato autore (1) fa conoscere l'inclinazione, che in conformità delle stabilite massime competono ai coperti di varia struttura nelle diverse capitali dell'Europa, e nelle principali città dell'Italia.

(1) *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VI, sez. II, art. III.

TABELLA

Delle inclinazioni da assegnarsi ai coperti di varia struttura nelle diverse capitali dell' Europa e nelle città principali dell' Italia.

NOMI DELLE CITTÀ	latitudini geografiche	INCLINAZIONI DE' COPERTI			
		di soli canali	di tegole maritate	di lastre d' ardesia	di tegole piatte
	gr. min.	gr. min.	gr. min.	gr. min.	gr. min.
Amsterdam	52. 23	28. 55	33. 44	36. 09	38. 33
Berlino	52. 32	29. 04	33. 35	36. 12	38. 46
Bologna	44. 29	21. 01	24. 31	26. 16	28. 01
Bruxelles	50. 51	27. 23	31. 57	34. 14	36. 31
Copenaghen . . .	55. 40	32. 12	37. 34	40. 15	42. 56
Costantinopoli . . .	41. 00	17. 32	20. 17	21. 55	23. 22
Dresda	51. 12	27. 44	32. 21	34. 40	36. 58
Edimburgo	55. 58	32. 30	37. 55	40. 38	43. 20
Firenze	41. 46	18. 18	21. 21	22. 53	24. 24
Genova	44. 25	20. 57	24. 27	26. 11	27. 56
Lisbona	38. 42	15. 14	17. 46	19. 03	20. 19
Londra	51. 31	28. 03	32. 34	35. 04	37. 04
Madrid	40. 25	16. 57	19. 47	21. 11	22. 36
Milano	45. 25	21. 57	25. 37	27. 26	29. 16
Modena	44. 34	21. 06	24. 37	26. 23	28. 08
Monaco	48. 02	24. 34	28. 40	30. 43	32. 45
Mosca	55. 45	32. 17	37. 40	40. 21	43. 03
Napoli	40. 50	17. 22	20. 16	21. 42	23. 09
Palermo	38. 10	14. 42	17. 09	18. 23	19. 36
Parigi	48. 50	25. 22	29. 36	31. 42	33. 49
Piacenza	45. 05	21. 37	25. 13	27. 01	28. 49
Pietroburgo . . .	59. 56	36. 28	42. 33	45. 35	48. 37
Roma	41. 54	18. 26	21. 30	23. 01	24. 35
Stockolm	59. 20	35. 52	41. 51	44. 50	47. 49
Torino	44. 51	21. 23	24. 57	26. 44	28. 31
Varsavia	52. 14	28. 46	33. 34	35. 58	38. 21
Venezia	45. 25	21. 57	25. 37	27. 26	29. 16
Vienna	48. 12	24. 44	28. 51	30. 55	32. 59
Zurigo	47. 28	24. 00	28. 00	30. 00	32. 00

§. 292. Ad esentare da qualunque spinta orizzontale i muri laterali provvede per sè stessa la forma generale dell'incavallature, con le quali si armano i coperti a due falde (§. 283); essendo evidente che per l'artifizio del sistema tutto il carico del tetto è ridotto ad agire sull'estremità delle catene con forze oblique, le quali si risolvono in altre forze, alcune verticali incapaci di produrre veruna spinta orizzontale, ed altre orizzontali bensì, ma unicamente rivolte contro la resistenza assoluta delle varie catene. Quindi i muri non restano che premuti verticalmente dall'intero peso del coperto. Allo stesso fine sono pure ordinati i diversi sistemi adottati nell'architettura per armare i coperti ad una sola falda, a mezzo padiglione, a padiglione, e piramidali a qualunque numero di falde (§. 277): siccome risulterà dall'esame di tali sistemi, a cui passeremo in breve. Affinchè poi i muri non sieno soverchiamente aggravati, è da studiarsi di ridurre al minimo il peso del tetto, compatibilmente con la solidità dell'armatura, limitando al puro bisogno il numero dell'incavallature, evitando l'impiego di membri superflui, e prevalendosi di legname, che ad un giusto grado di resistenza abbia congiunta una discreta gravità specifica; siccome sono quelli dell'abete e del larice, i quali perciò sono giustamente riputati i più acconci per l'uso di cui si tratta.

§. 293. Può talvolta qualche insolita circostanza opporsi all'uso dell'ordinarie incavallature per la formazione d'un coperto a due falde. Tanto avviene, a cagion d'esempio, quando una vôlta, o qualche altra costruzione interna di genere diverso s'innalza oltre il piano orizzontale che passa per le sommità de' muri di gronda, ed impedisce che una catena dritta possa essere gettata dall'una all'altra delle sommità medesime. Rendesi necessario in simili casi di sostituire alla catena una combinazione d'altri membri inclinati, atta a tenere obbligati i puntoni nella posizione opportuna, e ad impedire che esercitino veruna spinta contro i muri laterali. A questo doppio scopo soddisfa quel sistema, che dalle relazioni dell'Ozanam (1) sembra essere stato per la prima volta messo alla prova dal meccanico Arnoult pel coperto d'una piccola fabbrica in un giardino di Parigi. I due puntoni p, p (fig. 102) sono appoggiati con incastro a due banchette orizzontali c, c posate sulle sommità de' muri M, M, sono insieme saldamente congiunti nel vertice v, e sono concatenati mediante i due *contropuntoni* in croce s, s immorsati l'uno nell'altro, e connessi solidamente con opportuni incastri alle banchette ed ai puntoni medesimi. Un sistema analogo a questo fu di poi applicato alla costruzione del coperto sul vestibolo della nuova chiesa di S. Genueffa, chiamata il Panteon francese, ove l'elevazione interna della vôlta impediva l'uso dell'ordinarie incavallature. Nella fig. 103 vedesi rappresentata una dell'incavallature di quel tetto. I due puntoni pp, pp sono intestati nelle colonnette b, b rizzate sopra uno *zoccolo*, o *corrente* z, z giacente sopra una risega orizzontale interna dei muri laterali M, M; sono stretti nel vertice da una specie di staffa s verticale formata di due legni addoppiati; e sono concatenati da una *cintura* cc orizzontale che gli abbraccia, e stringe nello stesso tempo l'estremità inferiore della staffa s. I due sottopuntoni e, e sostenuti dai saettoni m, m, m, m

(1) *Dictionaire Enciclopedique des amusemens des sciences mathématiques et physiques.* Paris 1792. — Articolo *Architecture.*

servono di rinforzo ai puntoni, spalleggiandone la resistenza rispettiva; intanto che le due cinture oblique *n n*, *n n* legano insieme tutto il sistema, e col soccorso delle staffe orizzontali *o o*, *o o* fanno sì che dall' armatura niuna spinta si eserciti contro i muri laterali. La fig. 104 dimostra a parte in qual modo la cintura obliqua *n n* incateni tutti i membri del sistema, vedendosi la cintura medesima quale comparisce proiettata in un piano orizzontale, e contemplata dall'alto al basso. Gli sbadacchi *a*, *a*, *a*, *a* (fig. 103) servono ad assicurare nella posizione verticale le colonnette *b*, *b*, e le varie incavallature di cui quelle fanno parte; lo zoccolo o corrente *u*, *u* serve d'appoggio ai piedi de' saettoni laterali; e l' altro *h*, *h*, oltre che fa un somigliante officio verso i saettoni intermedi, giova anche a collegare l' una con l' altra l' incavallature, e a tenerle ferme nelle loro posizioni; finalmente l' architrave o *cappello* *r*, *r* sostiene l' estremità delle piane. I saettoni *n*, *n*, *n*, *n* sono collocati da ciascun lato in guisa che le loro direzioni prolungate s' incontrano sulla verticale G H condotta pel punto di mezzo del sottopuntone *e e*; di che il vantaggio consiste nel far sì che il carico superiore, scompartito nell'estremità del sottopuntone, agisca soltanto contro la resistenza assoluta negativa de' saettoni e del sottopuntone stesso.

§. 294. Per le navate della medesima chiesa, ove pure la stessa circostanza rendeva impraticabile l' ordinario sistema, l'esistenza di due contromuri interni N, N (fig. 105) dette campo ad organizzare l'armatura del coperto con un diverso espediente, di cui aggiugniamo la descrizione. Sorgono le colonnette *b*, *b* una dirimpetto all' altra sull' estremità interne di due banchette orizzontali *a*, *a*, fitte nei muri maestri M, M, e appoggiate agli zoccoli *z*, *z* giacenti lungo la sommità de' contromuri N, N. Sono le colonnette medesime rinfiancate esteriormente dai due bassi puntoni *e*, *e*, e dall' interposte razze *o*, *o*. A tali colonnette è sovrapposta un'ordinaria incavallatura composta della catena *c c*, dei due puntoni *p*, *p*, del colonnello *m*, e delle due razze *r*, *r*. I due saettoni *s*, *s* servono di rinforzo alla catena *c c*, ed insieme di rinfianco interiore alle colonnette *b*, *b*. Finalmente le due cinture oblique *n n*, *n n* concatenano tutte le parti del sistema, ed opponendosi gagliardamente allo scorrimento delle banchette *a*, *a*, pongono al sicuro da ogni spinta orizzontale i muri maestri M, M. La fig. 106 rappresenta la proiezione orizzontale della cintura destra *n n*, quale si vedrebbe osservandola dall' alto al basso, e dimostra in qual modo sieno dalla medesima cintura abbracciati tutti quei membri, ch'essa incontra nella sua posizione.

Gli addotti esempi si reputano sufficienti per dare idea degli ingegnosi ripieghi, de' quali l' architettura può giovarsi nell' armatura de' coperti, allorchè da qualche strana circostanza le è vietato di far uso dell' ordinario sistema.

§. 295. Veniamo ora all' esame della terza condizione (§. 290), da cui principalmente dipende l'intrinseca solidità delle descritte armature de' coperti. È necessario che le vicendevoli distanze de' membri di ugual carattere, e le loro dimensioni sieno determinate in guisa, che per ciascuno di essi in particolare possano efficacemente adempirsi quegli uffici di resistenza che gli competono. A ciò debbono farsi servire opportunamente le formole, le nozioni sperimentali, e i precetti che in addietro si appresero intorno alle varie specie di resistenza del legname; nel che come debbasi procedere si

renderà palese più speditamente che in altro modo per mezzo dell'applicazione ad un caso effettivo.

§. 296. Nella pratica romana impiegandosi pei coperti le piane di castagno delle dimensioni ordinarie, cioè della larghezza di m. 0, 11, e della grossezza di m. 0,06 e gli arcarecci pur di castagno della riquadratura tabulare di m. 0,223 (1), si dà per regola che i secondi debbano essere distribuiti a distanza non maggiore di palmi 5, vale a dire m. 1,117 l'uno dell'altra, e che la lunghezza delle *passine*, o sia degl'intervalli fra due contigue incavallature, non debba oltrepassare palmi 25, che sono prossimamente m. 5,60 (2). Esaminiamo da prima se una tal regola provveda bastevolmente alla sicurezza del sistema, per quanto dipende dai giusti rapporti fralle resistenze rispettive delle piane e degli arcarecci, ed i conati che derivano dal carico della copertura soprastante; e verremo dopo a ricercare quali sieno gli sforzi che agiscono contro i diversi membri delle incavallature, e quali dimensioni in questi si richiedono affinchè sieno capaci della necessaria resistenza.

§. 297. Essendo 1654 la gravità specifica dei laterizi di Roma, si trova che il peso d'un metro quadrato di copertura ordinaria composta, come già si vide (§. 288), di venti pianelle, di nove tegole piane, e d'altrettanti canali, è, non curando le frazioni, di chilog. 137. Supponiamo che la neve possa cadere in tal copia da formare sul tetto uno strato alto m. 0,50; estremo che forse giammai si è avverato nel temperato nostro clima; e sarà questo un sopraccarico eventuale di chilog. 100 per ciascun metro quadrato di copertura, attribuendo alla neve la gravità specifica di 200, la quale è la massima che siasi osservata dai Fisici (3). Quindi può stabilirsi il massimo carico che debba essere sostenuto dalle piane di chilog. 237 per ogni metro quadrato di copertura. Considerando ora che ciascuna piana giace sopra due appoggi distanti fra loro prossimamente m. 1,117 (§. 296), e che la distanza fra due piane contigue da mezzo a mezzo è di circa m. 0,317, vale a dire quanta è la lunghezza d'una pianella, si viene facilmente a conoscere, che ciaschedun tratto di piana compreso fra due paradossi può trovarsi nel caso di dover reggere il carico di m. q. 03541 di copertura, vale a dire un peso di chilog. 83.922 equabilmente distribuito in tutta la sua lunghezza di m. 1,117. Si aggiunga a questo carico il peso proprio della piana, che nell'indicata lunghezza, essendo 685 la gravità specifica del legno di castagno, riesce di chilog. 5,050; ed apparirà che la piana deve sostenere il complessivo carico di chilog. 88,972 distribuito uniformemente sopra tutta la sua lunghezza, il quale si riduce alla metà, cioè a chilog. 44,486, considerando semplicemente il conato verticale, che produce nel punto di mezzo del legno contro la resistenza rispettiva di questo (§. 158 n.° 12). E siccome la direzione verticale di tale conato fa con la direzione della piana un angolo di 68.° 39', che è il complemento dell'angolo d'inclinazione del tetto all'orizzontale, come compete alla latitudine di Roma (§. 291), così contro la resistenza rispettiva della piana agirà il carico superiore con una forza di chilog. 44, 486 × sen. 68.° 39' (§. 162) cioè di chilog. 41,39.

(1) Vedi la tabella I, del lib. II, cap. III, alla pag. 92.
(2) Masi. — *Teoria e pratica d'Architettura civile.* Cap. II, §. VII.
(3) Musschenbroek. — *Elementa physicae.* Cap. XXV.

La resistenza rispettiva del pezzo di piana che stiamo considerando, facendo $k = 2392500$, risulta di chilog. 1696 (§. 159 n.° 8); e riducendola ad un decimo di questo valore, a norma delle generali regole della stabilità (§. 163 n.° 4), rimane tuttavia di chilog. 169, 6. Si scorge pertanto che la resistenza della piana è pressochè quadrupla del conato a cui si deve opporre; e quindi che non solo le piane sono al sicuro nella supposta collocazione degli arcarecci, ma potrebbero anche star salde aumentandosi la distanza degli arcarecci medesimi perfino al quadruplo di quanto è prescritto dalla regola posta ad esame.

§. 298. Discorriamo ora degli arcarecci. Questi oltre il peso della copertura sopportano anche quello delle piane, delle quali sono compresi metri lineari 3,15 in ogni metro quadrato di copertura, e pesano chilog. 14,248. Per lo che il carico a cui sono sottoposti gli arcarecci è, trascurando le frazioni, di chilog. 251 per ogni metro quadrato della copertura. La lunghezza di ciaschedun arcareccio fra due incavallature contigue essendo di m. 5,60, e l' intervallo fra due arcarecci essendo di m. 1,117 da vivo a vivo (§. 296), ne segue che ognuno degli arcarecci ha sopra di sè metri q. 7,504 del carico superiore, e quindi il peso di chilog. 1884. A questo devesi aggiugnere il peso proprio del trave, che risulta di chilog. 191; e si ottiene così un carico accumulato di chilog. 2075, il quale ridotto alla metà, cioè a chilog. 1038, esprime il conato verticale esercitato dalla copertura sul punto di mezzo dell' arcareccio. Ma siccome la direzione verticale di tale conato fa con la falda in cui giace l' arcareccio un angolo di 68.° 30′, così la sua azione diretta contro la resistenza rispettiva del trave non è che di chilog. $1038 \times$ sen. 68.° 30′, vale a dire di circa chilog. 966.

Cercando la resistenza rispettiva d' un arcareccio, come si è fatto per le piane, si trova il suo valore di chilog. 9501, e questo valutato per la sola decima parte, come si richiede per assicurare la stabilità, riducesi a chilog. 950. Non essendo valutabile la tenue deficienza di chilog. 16, si vien dunque a conoscere, che le supposte dimensioni e disposizioni de' membri dell' armatura non danno di che temere neppure per parte degli arcarecci; ma che per altro, a meno di non ravvicinare l' incavallature, sarebbe cosa pericolosa di accrescere la distanza vicendevole de' paradossi senza aumentare competentemente la loro riquadratura, e così viceversa. Che se poi nella costruzione di qualche coperto per particolari ragioni si fosse indotti ad abbreviar le distanze delle incavallature, potrebbe allora essere permesso di diradare i paradossi, o di scemare le dimensioni della loro riquadratura, ovvero anche d' attenuarli e diradarli insieme; purchè le cose fossero proporzionate in guisa, che lo scapito proveniente dall' attenuazione e dall' allontanamento venisse compensato dal vantaggio che deriva dall'accorciamento degli arcarecci, avendo riguardo alle variazioni che accadono così nel carico che ad essi sovrasta, come nella loro resistenza. Così nel già ricordato coperto dell' arsa basilica di S. Paolo (§. 284), le di cui incavallature erano poste a distanza ove di m. 3, ed ove di m. 3,28 l'una dall' altra, si era potuto collocare gli arcarecci, i quali avevano l' ordinaria riquadratura d' assortimento, discosti l' uno dall' altro m. 1,73; e si sarebbe potuto tenerli ancor più lontani, senza renderli men saldi nel loro ufficio di resistenza. E nel descritto coperto del teatro Argentina (§. cit.) che sulla

platea ha le catene dell'incavallatura distanti m. 3,32 l'una dall'altra da vivo a vivo, e sulla scena le catene discoste m. 3,49 similmente da vivo a vivo; l'intervallo fra i paradossi è di m. 1,65, la loro larghezza di m. 0,20, e la loro grossezza di soli m. 0,15.

§. 299. Applichiamoci finalmente alla terza parte del nostro assunto (§. 296), e tenendo ferma la supposta distribuzione degli arcarecci e dell'incavallature, esaminiano a quali conati sieno esposti i diversi membri di queste pel carico sovrastante, e quali riquadrature debbano assegnarsi ai singoli membri affinchè sieno validi a far fronte ai medesimi conati. Se non che, a voler procedere con metodo diretto e generale, questa ricerca sarebbe troppo indeterminata, ed esigerebbe una disamina troppo implicata per le pratiche applicazioni; e perciò sarà meglio dimostrare con qualche particolare esempio quale sia la strada da tenersi per giugnere indirettamente sì, ma in modo semplice e sicuro, al divisato scopo.

Sia proposto di determinare le riquadrature competenti alla catena ed ai puntoni d'un'incavallatura semplice per un coperto della tirata di m. 6,50 (§. 281). Nel già intavolato supposto che l'inclinazione del tetto sia di 21.° 30′, la larghezza di ciascuna delle due falde risulterà di m. 3,50 prossimamente; e potrà assumersi uguale a m. 3,50 anche la lunghezza di ciaschedun puntone, quantunque il tratto di esso che resiste sia a tutto rigore alquanto più breve. Tentiamo se formando tanto la catena quanto i puntoni con legnotti di castagno (1) potessero i detti membri dell'incavallatura star saldi contro i varii sforzi, che su di essi esercita il carico soprastante.

Essendo m 5,60 la distanza da vivo a vivo fralle catene di due incavallature prossime (§. 296), ed essendo m. 0,279 la larghezza della catena, o sia del legnotto che ne fa l'ufficio, è chiaro che sarà di m. 5,879 la lunghezza di quel tratto di tetto, che dev'essere sostenuto da ciascuna incavallatura, e di cui una metà s'appoggia all'uno, l'altra all'altro de' due puntoni. Ne segue che ognuno de' puntoni sopporta il carico corrispondente ad un tratto di falda lungo m. 5, 879, e largo m. 3,5; e per conseguenza dell'area di m. q. 20,5765. Si è già trovato (§. 298) che il peso d'un metro quadrato di copertura, e delle piane che vi sono comprese, è di chilog. 251; onde la copertura del tratto di falda che aggrava il puntone peserà prossimamente chilog. 5165. Ma il puntone è pure aggravato dal peso degli arcarecci, i quali, nel caso che consideriamo, saranno due per falda, ognuno di essi lungo m. 5,879, con la consueta riquadratura di m. 0,223. Nasce quindi pel puntone il sopraccarico di chilog. 400, che aggiunto al peso della copertura, produce un carico totale di chilog. 5565. Volendo da prima considerare il puntone come membro di resistenza rispettiva, è d'uopo unire al detto carico il peso proprio, del puntone, il quale è chilog. 187. Si avrà dunque su tutta la lunghezza del puntone equabilmente distribuito un peso di chilog. 5752; ed il conato di questo contro la resistenza rispettiva del membro di cui parliamo sarà di chilog. $\frac{5752}{2} \cdot \cos. 21.° 30'$, o sia di chilog. 2676. Da un'altra parte la resistenza rispettiva del puntone risulta di chilog. 29690, e riducendola ad una decima parte, si hanno chilog. 2969 per la resistenza rispettiva permanente del puntone, la quale supera il co-

(1) V. la tabella a pag. 92.

nato oppostole di quasi 300 chilogrammi. Si vede dunque che la riquadratura del legnotto dà una resistenza rispettiva soprabbondante, e che quindi per questo particolare il puntone sarà pienamente al sicuro.

Esaminiamo se il punto riuscirà ugualmente saldo nell'altra sua qualità di membro di resistenza assoluta negativa. Considerando il sistema dei due puntoni che si sostengono, e si fanno contrasto l'uno con l'altro, si può facilmente scorgere, che il culmine di tale sistema è premuto verticalmente dalla semisomma de'carichi parziali di ciascuno de'puntoni, non esclusi i pesi propri di questi, accresciuta del peso del colmareccio nella lunghezza di quella parte di coperto che aggrava la nostra incavallatura. Ora essendo, come abbiamo veduto poc'anzi, il carico di un puntone di chilog. 5752, ed essendo il colmareccio uguale ad un arcareccio, e quindi del peso di chilog. 200, sarà il carico verticale nel concorso dei due puntoni di chilog. 5952. Si risolva questo carico in due spinte secondo le direzioni dei puntoni; e risulteranno queste due spinte uguali fra loro, e ciascuna di esse del valore di chilog. $\frac{5952}{2 \text{ sen. } 21^{\circ}\ 30'}$, cioè a dire di chilog. 8120, ed agente contro la resistenza assoluta negativa di uno de'puntoni. La formola meccanica (§. 164 n.° 1) facendo $h = 3500000$, vale a dire alquanto minore di quanto sarebbe il suo valore se il legno fosse di quercia ischia, poichè sul castagno non abbiamo particolari risultati dell'esperienza (1), ci dà la resistenza assoluta negativa del puntone uguale a chilog. 34135, la quale è più che quadrupla della spinta, che il puntone deve soffrire; e quindi (§. 168) si decide che il puntone è anche saldo a sufficienza nel suo carattere di membro di resistenza assoluta negativa.

Le medesime due spinte or ora determinate, alle quali fa fronte la resistenza assoluta negativa de'puntoni, vanno pure ad agire contro l'estremità della catena, e vi generano due trazioni orizzontali e contrarie, delle quali ciascuna è eguale al prodotto della spinta obliqua pel coseno dell'angolo che fa il puntone con la catena. Dunque il legnotto posto a far l'ufficio di catena è tirato da due forze orizzontali e contrarie, ciascuna delle quali è di chilog. $8120 \times \cos. 21^{\circ}\ 30'$, vale a dire di chilog. 7555. Ciò è quanto il dire che contro la resistenza assoluta della catena agisce una forza uguale alla somma delle due, cioè a chilog. 15110. Ma la catena, valutando la sua resistenza assoluta in ragione di chilog. 1039 per ogni centimetro quadrato della sezione, in conformità di quanto è indicato nel prospetto delle proprietà del legname, resiste con una forza di chilog. 808342; onde si scorge che si ha una soprabbondantissima resistenza nel legnotto, e che può con piena sicurezza impiegarsi a fare anche l'ufficio di catena.

§. 300. Le spinte che agiscono contro la resistenza assoluta negativa dei puntoni, e contro la resistenza assoluta positiva della catena, si sarebbero potute determinare per mezzo delle formole generali ricavate nella meccanica intorno all'equilibrio e alla spinta de'poligoni (2). Se si fosse tentato l'esame della stabilità dell'incavallatura ne'singoli suoi membri, suppo-

(1) Vedi il Prospetto alla fine del cap. II.

(2) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d'Idraulica.* — Vol. I, lib. I, cap. XXI; e lib. IV, cap. V.

nendò che invece de'legnotti si volessero impiegare gli arcarecci di castagno, si sarebbe immediatamente scoperto un difetto di resistenza rispettiva ne' puntoni; onde si deduce che nell' assortimento ordinario del legname di castagno, la più fina trave che possa adoperarsi pei membri dell'incavallature d'un coperto della supposta larghezza, è il legnotto; a meno che, dipartendosi dalla semplicità del sistema, non si volessero introdurre dei membri ausiliari, i quali supplissero all'insufficienza de' membri principali. E basti questo semplice saggio che abbiam dato del modo di procedere nell' analisi della stabilità de' coperti; dal quale gli studiosi potranno farsi strada a risolvere i casi più complicati, e prender norma anche per l'esame della stabilità di altri sistemi.

§. 301. L'armature de' tetti, oltre che sono indispensabili per sostenere la copertura, la quale difende i muri, e l' interne parti degli edifici dalle piogge e da ogni altra intemperie, contribuiscono anche alla solidità delle fabbriche, mentre concatenano insieme i muri, e formano di tutte le parti d' un edificio un sistema unito, e quasi indissolubile. A tale riguardo il vantaggio è valutabile più particolarmente in quegli edifici, che sopra una vasta area non hanno muri intermedii che colleghino quelli d' ambito; i quali così abbandonati facilmente vacillerebbero con l' andar del tempo, a meno che non fossero d' una straordinaria grossezza, se non venissero assicurati dal legame del sovrapposto coperto. La concatenazione è specialmente prodotta dai tiranti o catene dell' incavallature; ed è questa la ragione principale per cui nei coperti delle grandi chiese, e dei teatri si trovano moltiplicate l' incavallature oltre di quanto bisognerebbe per la sicurezza del tetto, siccome appunto abbiamo osservato nei coperti di S. Paolo, e del teatro Argentina (§. 298). E di più la frequenza dell'incavallature giova a distribuire ugualmente il peso del coperto sui muri d'ambito, senza che ne restino soverchiamente aggravate quelle parti alle quali le catene si appoggiano; purchè per altro la frequenza non sia portata ad un segno eccessivo, per cui si accresca a dismisura il carico del coperto, con vana profusione di spesa, e con troppo cimento della resistenza dei piedritti alla compressione.

§. 302. L' armatura del coperto ad una sola falda è formata d' una serie di semincavallature, ognuna delle quali è ordinariamente composta (fig. 107) d'una catena $c\,c$, d'un puntone p, d'un sottopuntone s, e d' un contropuntone u. In siffatto modo sono armati i coperti delle navate laterali dei nostri tempii, e segnatamente di quelli detti di forma *basilicale*, quale era quello di S. Paolo, e quali sono quello di S. Sabina, e quello di S. Saba di già nominati, e molti altri che si ammirano in questa capitale.

§. 303. Il coperto a quattro falde, che dicesi a padiglione, e latinamente *testudinato*, si adatta spesso alle fabbriche di pianta rettangolare, ed ha la figura d' un prisma triangolare troncato obliquamente alle due estremità, in guisa che la cresta riesce parallela ai lati maggiori del rettangolo; ciascuna delle due falde inclinate verso i detti lati maggiori ha la figura di trapezio; e ciascuna delle due altre falde corrispondenti ai lati minori della pianta è di figura triangolare; serbando tutte quattro le falde la medesima inclinazione all' orizzontale. Egli è chiaro che la parte di mezzo d' un tetto a padiglione, per quanto si estende la sua cresta, si può riguardare come un coperto a due falde, e può come tale armarsi a seconda della struttura.

precedentemente spiegata. Le quattro falde del tetto oltre all'angolo che formano nella cresta, s'intersecano anche in quattro linee inclinate, ognuna delle quali congiugne una delle estremità della cresta con uno degli angoli della base del coperto. Queste linee, che dividono lo scolo dell'acqua sulle diverse falde, possono chiamarsi con vocabolo tratto dal latino, e non nuovo nell'archittetura, *displuvi*. A queste linee di concorso delle falde debbono corrispondere nell'armatura del coperto quattro mezze incavallature non dissimili da quelle dei tetti ad una sola falda (§. 302). La fig. 108 mostra la proiezione orizzontale, e la proiezione sopra un piano verticale condotto per la cresta d'un coperto a padiglione, facendo vedere la distribuzione dell'incavallature *ii*, *ii*, *ii*, ... nell'estensione *cc* della cresta, e le situazioni *ca*, *ca* . . . . delle semincavallature angolari, o *displuviali*. Due altre semincavallature sono necessarie in *cn*, *cn*, e alcune volte è anche d'uopo d'aggiugnere intorno alle diagonali altre piccole semincavallature di rinforzo, le di cui posizioni sono accennate dalle linee *e*, *e*, *e*....

I coperti a mezzo padiglione hanno la figura d'un prisma triangolare tagliato obliquamente soltanto in una estremità, nella quale vengono armati di semincavallature displuviali, ed in tutto il resto come i tetti a padiglione; e sono nel rimanente della lunghezza formati a due falde, essendo nell'altro capo terminati da un timpano.

§. 304. Allorchè la base d'un tetto a padiglione è quadrata, esso assume la figura piramidale divenendo uguale a zero la lunghezza della cresta. Troppo lungi condurrebbe la descrizione delle armature che possono adoperarsi per la formazione di tali coperti piramidali a base quadrata, e di quelli piramidali a base multilatera regolare. Lasceremo agli studiosi la cura d'apprendere nei grandi trattati d'architettura, ed in quegli esemplari di siffatte specie di coperti, che qua e là, sebben di rado, s'incontrano nella moltitudine degli edifici, come ne possa essere ordinata la struttura; tanto più che in quanto a queste non si può prefiggere, come per l'altre finora considerate, un generale sistema, ma resta libero il campo perchè l'Architetto possa, a tenore delle circostanze e de' mezzi disponibili, appropriare ai casi quegli espedienti che dal suo sapere e dalla sua perspicacia gli vengono suggeriti.

§. 305. I coperti di base rettangolare si costruiscono ad una sola, o a due falde, a padiglione, o a mezzo padiglione a seconda della possibilità, ovvero dalla convenienza di rivolgere lo stillicidio verso una parte soltanto, o verso due parti opposte, o da tre, o da tutti quattro i lati, dipendentemente dalle circostanze delle fabbriche adiacenti, o delle altre parti del medesimo edificio, e relativamente all'uso e al carattere proprio della fabbrica per quanto appartiene al comodo e alla bellezza. Spesso accade che due corpi d'una medesima fabbrica ugualmente alti e di base rettangolare s'incontrano ad angolo retto; e quindi si rende necessario di modificare i rispettivi coperti, in guisa che le falde dell'uno si congiungano regolarmente a quelle dell' altro, conciliando la solidità della struttura con la facilità dello scolo dell'acqua. I due corpi di fabbrica possono avere uguali o disuguali larghezze; e tanto nell'una quanto nell'altra ipotesi il concorso può succedere o nell'estremità d'entrambi i bracci, ovvero nell'estremità dell'uno e non dell'altro. Vediamo rapidamente quale divenga la figura del coperto in questi diversi casi.

1.° Se due corpi di fabbrica X, Z (fig. 109) d' uguali larghezze si riuniscono ad angolo retto nelle loro estremità, i due tetti, essendo ugualmente alti, si congiugneranno nel piano verticale che passa per la linea *a b*, e le loro falde esteriori formeranno un displuvio (§. 303) sulla linea *b c*, mentre le falde interiori faranno un angolo rientrante sulla linea *a c*, la quale, per la riunione che in essa accadrà dello scolo dell' una e dell' altra falda, può chiamarsi *compluvio*. La solida congiunzione dei due tetti si ottiene in questo caso per mezzo d' un' incavallatura ordinaria collocata obliquamente sulla linea *a b*, ai puntoni della quale vanno ad appoggiarsi i paradossi delle falde concorrenti.

2.° Se dei corpi X, Z (fig. 110) d' uguali larghezze, uno, Z, si distacca dal mezzo dell' altro, X, la congiunzione dei tetti succederà sui due piani verticali condotti per le linee *a c*, *e c*, e si genereranno due compluvi agli incontri delle falde sulle nominate due linee, ove si collocheranno due semincavallature oblique, ai di cui puntoni s'appoggeranno gli arcarecci delle falde concorrenti; avvertendo perciò di situare una dell' incavallature del tetto X nel punto *c*, affinchè la sua catena possa servir di sostegno all'estremità interne delle stesse mezze incavallature.

3.° Qualora dall' estremità del corpo di fabbrica X (fig. 111) si diparta ad angolo retto l' altro corpo, Z, di minor larghezza, si formerà sul primo un mezzo padiglione, e sul secondo un coperto a due falde; ed è chiaro che i due coperti, dovendo tutte le falde avere una medesima inclinazione, riusciranno di disuguali altezze; cioè il primo più alto del secondo. L' unione dei tetti accadrà in questo caso nei due piani verticali che passano per le linee *a c*, *c e*, e nascerà un solo compluvio sulla linea *ce*, nella quale occorrerà una piccola semincavallatura per sostegno dell' estremità de' paradossi delle falde interne, nulla occorrendo oltre l'ordinario per l' esterne, che sono in continuazione l' una dell' altra.

4.° Vada il braccio Z (fig. 112) di fabbrica ad incontrare nel mezzo il corpo X di maggior larghezza. Sarà il coperto di questo più alto del coperto di quello, e la congiunzione di essi avverrà nei due piani verticali che passano per le rette *a c*, *c e*, essendo *c* la proiezione del punto in cui la cresta del tetto Z incontra la falda del tetto X. Si avranno, come è chiaro, due compluvi in *a c* ed in *ce*, ove occorreranno due semincavallature appoggiate ad una dell' incavallature del coperto X, che verrà appositamente situata nel punto *c*.

5.° Finalmente nel caso che di fianco al corpo X (fig. 113) di fabbrica sporgesse avanti l'altro corpo più largo Z, si combinerebbero all'incontro de' medesimi un coperto a due falde fatto sul corpo più stretto X, ed uno a mezzo padiglione formato sul corpo più largo Z; la congiunzione dei quali sarebbe nei tre piani verticali condotti per le rette *ac*, *co*, *o e*. Si avrebbero nella medesima congiunzione due dispulvi in *c u*, ed in *o u*, e due compulvi in *a c*, ed in *e o*; e l' armatura vorrebbe essere congegnata in modo che, tanto nei compulvi, quanto nei dispulvi, gli arcarecci delle diverse falde concorrenti trovassero su di che saldalmente appoggiarsi. Ciò si potrà ottenere collocando a traverso il minor corpo X due incavallature nei punti *c*, *o*, e affidando a queste due semincavallature poste sulle linee *a c*, *e o*, ai puntoni delle quali potrà appoggiarsi una piccola incavallatura perpendicolare alla cresta del coperto Z nel punto *u*. Così potranno fissarsi

sui vertici delle varie incavallature due displuviali *c u*, *o u* i quali insieme coi puntoni *a c*, *c o* presenteranno il cercato appoggio a tutti gli arcarecci delle falde concorrenti.

Abbiamo supposto che due corpi di fabbrica X, Z concorrano ad angolo retto; ma facilmente potrebbero estendersi le considerazioni fatte e le regole stabilite anche al caso in cui venissero ad incontrarsi obliquamente, come pur non di rado avviene nelle costruzioni civili; specialmente per la frequente necessità di piantar l'edificio in un' area di figura determinata.

§. 306. La costruzione del coperto sopra una fabbrica di base irregolare pone spesso in imbarazzo gli Architetti, per la difficoltà di conciliare la semplicità e la regolarità della forma. Ci limiteremo a far conoscere gli espedienti ai quali può aversi ricorso nel caso che la base sulla quale deve formarsi il tetto sia un quadrilatero irregolare. Se due muri sono paralleli e più lunghi della distanza che passa dall' uno all' altro, la posizione, comunque obliqua, degli altri due muri non vieta che possa adattarsi sulla fabbrica un tetto regolare a due falde, ovvero anche a padiglione. Sia infatti la base *a b c d* (fig. 114) coi lati *a d*, *b c* paralleli, e condotta qualunque retta *i i* perpendicolare ad entrambi, pel mezzo di questa si tiri la *m n* parallela ai medesimi lati; e questa sarà la proiezione della cresta del tetto, e determinerà i vertici dei timpani da formarsi sui muri obliqui *a b*, *c d*. Si collochino a giuste distanze l' incavallature intermedie *ii*, *ii*, *ii*, *ii*; e quindi si potranno su queste e sui timpani estremi adattare gli arcarecci ed il resto della copertura, e ne risulterà un tetto ordinario a due falde piane con la cresta orizzontale. E se si volesse un padiglione in vece del tetto a due falde, basterebbe di trovare sulla cresta *m n* due punti *c*, *o*, dei quali rispettivamente le distanze *c h*, *o k* dai lati *a b*, *c d* fossero uguali alla semidistanta *c i* dei due muri di gronda, e sarebbero questi i vertici delle due falde triangolari del coperto, le quali dovrebbero armarsi con l' ordinario sistema di semincavallature, come fu insegnato pel coperto a padiglione sopra una base rettangolare (§. 303).

§. 307. Supponendo che nel quadrilatero *abcd* (fig. 115) neppure i due lati *a d*, *b c* sieno paralleli, non si tarderà a comprendere che volendovi costruire sopra un tetto a due falde, stabilendo la cresta sulla linea *m n*, che divide per mezzo gli altri due lati *ab*, *dc*, siccome ad ogni punto della stessa *m n* varia la larghezza della base, così non potrebbero le braccia dell'incavallature essere per tutto ugualmente inclinate, e mantenersi insieme orizzontale la cresta *m n*; che quindi per avere la cresta orizzontale converrebbe contentarsi di dare alle braccia dell'incavallature un declivio decrescente, venendo dal punto *m* verso il punto *n*, o sia dall' estremità più stretta verso l' estremità più larga del tetto; e che in questo caso poi le due falde non potrebbero riuscire piane, ma diverrebbero necessariamente due superficie storte. L'inclinazione della cresta non solo sarebbe disaggradevole all'occhio, ma sarebbe anche dannosa per la spinta che evidentemente produrrebbe contro il più basso de'timpani. Da un'altra parte la curvità delle falde risultante dalla variabile inclinazione dell' incavallature, oltre che anch'essa non sarebbe grata alla vista, sarebbe ancora contraria alla semplicità e all'economia della costruzione; atteso il bisogno di ridurre con opportuni tagli gli arcarecci e le piane a modo che le facce superiori di queste potessero adattarsi esattamente alla curvatura della superficie, di cui sareb-

bero destinate a far parte; al che dovrebbero farsi valere le regole della sterotomia. Vuolsi dunque ricorrere a qualche temperamento per cui si possano evitare gl'inconvenienti e le difficoltà indicate. Pel punto di mezzo *m* del lato *a b* della base si conducano *m p* parallela ad *a d*, ed *m q* parallela a *b c*, e si dispongano a giuste distanze l'une dall'altre l'incavallature *h k*, *h k*, *h k*, perpendicolari alla linea *m n*, di struttura biforcata, quale vedesi delineata separatamente nel tipo X. La catena *h k* di ciascuna incavallatura sarà lunga quanto si richiede dalla rispettiva posizione *h k*, per cui sarà destinata; i puntoni *h u*, *k v* saranno tutti uguali, e faranno tutti un medesimo angolo con le catene a cui sono inerenti; mentre i contropuntoni *h v*, *k u* nelle diverse incavallature saranno diversamente inclinati, e avranno diverse lunghezze, siccome porta la variabile lunghezza delle catene a cui sovrastano. Appoggiando due colmarecci uno sopra tutti i vertici *u*, l'altro sui vertici *v*, e quindi ponendo fra *m p* ed *a d*, come pure fra *m q* e *b c*, un giusto numero d'arcarecci, si verrà ad ottenere l'ossatura di due falde piane *a m p d*, *b m q c*, le quali si compiranno con una regolare copertura. Ben si vede che sul lato *a b* dovrà essere formato un timpano col vertice in *m*, e che sul lato opposto *d c* occorrerà un timpano tronco, di cui sarà *d c* la base inferiore, e la superiore uguale a *p q*. L'apertura triangolare *m p q*, che rimane nella sommità, si potrà chiudere con una copertura in piano sostenuta da banchette *u v* appoggiate ai due vertici delle diverse incavallature; e tale copertura, appunto perchè in piano, sarà ben fatto che sia formata con lamina di piombo. E se si vorrà evitare il cattivo aspetto d'un frontespizio mozzo sul muro *d c* potrà da questa parte ridursi il tetto a mezzo padiglione, formandovi una terza falda con la gronda nella linea *d c*, in un modo analogo a quello già indicato pel caso contemplato nel paragrafo antecedente.

Il coperto della base triangolare *m p q* potrebbe anche formarsi per mezzo di due falde *m p n*, *m q n* concorrenti in un compluvio sulla linea *m n*, purchè l'incavallature si costruissero biforcate, non a seconda del tipo X, ma bensì in conformità dell'altro Z, in cui i contropuntoni sono uguali ai puntoni, ed ugualmente inclinati alla catena; ed il tetto terminerebbe in questo caso sul lato *d c* o in un timpano biforcato, ovvero in due falde triangolari qualora si riducessero a mezzo padiglione l'estremità dei due tetti *a m n d*, *b m n c*. Ma siffatto sistema sarebbe men semplice dell'altro descritto, e originerebbe inoltre due notabili inconvenienti. Uno di questi sarebbe la pressione verticale che i contropuntoni eserciterebbero sulla catena nei punti h', k' cimentandone la resistenza rispettiva; mentre quando l'incavallature sono foggiate come dimostra il tipo X la catena non deve far esercizio che della propria resistenza assoluta. L'altro facilmente si ravvisa nella cattiva costituzione del seno compreso fra le due falde *m p n*, *m q n*, ove l'ombrosità e la poca ventilazione nutrirebbero una costante umidità, e ritarderebbero lo scioglimento delle nevi nei climi che vi sono soggetti.

§. 308. I ragguagli dati e i ragionamenti fatti fin qui in proposito dei coperti delle fabbriche possono rendere gli Architetti bastevolmente istrutti intorno a questo rame interessante delle civili costruzioni, per quanto concerne i casi più o meno ordinari che si offrono nella pratica. Omettiamo di far parola dei tetti conici, e di quelli la di cui superficie esteriore è generata dal movimento d'una retta orizzontale per un arco di circolo, o

di qualche altra curva, ovvero dalla rivoluzione di qualche curva intorno ad un asse verticale; poichè il modo di armare queste specie di tetti è troppo variabile, e troppo complicato per poter esser ridotto a massime e a precetti generali. Sarà questa dunque una materia in cui i più desiderosi d'istruirsi potranno trovare di che rimaner soddisfatti nei grandi trattati d'architettura. Roma ha molte magnifiche cupole, ma niuna di legname, ed invero la struttura murale sembra che meglio d'ogni altra s'addica a questa sorta d'edifici, i quali altro scopo non hanno che quello della sontuosità. A Parigi vi sono alcune cupole di solo legname, fralle quali la più rimarchevole è quella dell'Ospizio degl'Invalidi. Le grandiose cupole del rinomato tempio di S. Marco in Venezia, e la maggior parte dell'altre che si ammirano in quella cospicua città, non sono che di legname. Le principali così di Parigi come di Venezia sono state accuratamente descritte dal Rondelet (1), e possono somministrare utile materia di studio a chi desidera di rendersi versato in tutti i rami anche più straordinari dell'arte edificatoria. Le cupole parigine hanno l'armature composte di legname grosso, o sia di travi; ma quelle venete sono di più singolare struttura, mentre sono armate per mezzo di sole centine di tavole. Le centine sono archi formati di tavole riunite in grossezza e in lunghezza, e tagliate in modo, che ciascuna centina nella parte convessa e nella concava acquisti determinate curvature affinchè il sistema di molti archi o centine opportunamente collocate e connesse, possa comporre l'ossatura d'una volta, o d'una cupola di legname di figura stabilita. La fig. 116 rappresenta una centina semicircolare preparata per la costruzione d'una volta cilindrica. Essa, come si vede, è formata di due ordini di tavole sovrapposte e legate insieme con chiodi, o con perni a vite, e talvolta anche con semplici caviglie di legno. Le punteggiature semicircolari dimostrano il taglio necessario per la riduzione della centina tanto esternamente quanto internamente. Secondo gl'insegnamenti dati da Filiberto de Lorme (2) le centine debbono esser poste a distanza di m. 0,65 l'una dall'altra, e le tavole di cui sono composte debbono esser lunghe m. 1,30. La lunghezza e la grossezza delle tavole medesime vuole a ragione il detto scrittore che sieno diverse, secondo che è maggiore o minore la distanza dell'imposte, o sia la corda della centina. Così per una corda di 7,80 prescrive che le tavole debbano esser larghe m. 0,217, e grosse m. 0,027; per una corda di m. 11,70 larghe m. 0,271, e grosse m. 0,041; e progressivamente per altre corde di m. 19,50, di m. 29, e di m. 35 fissa una larghezza medesima di m. 0,352, e le grossezze crescenti di m. 0,054 di m. 0,068, e di m. 0,081.

§. 309. Abbiamo veduto (§. 303, 305) come dalla concorrenza delle falde d'un medesimo tetto, o di due tetti che vanno a congiugnersi, nascano i dispulvi e i compulvi, ed abbiamo anche accennato con quali artifizii debbano esser conformate l'armature a queste singolari circostanze de' coperti. Ne rimane solo l'indicare come esteriormente debbano esser formati nella copertura i displuvi e i compluvi, affinchè in essi le acque sieno divise o raccolte, senza che abbiano a poter penetrare nell'interno del coperto. E primieramente al comignolo, il quale altro non è che un displuvio orizzon-

(1) *Traité de l'Art de bâtir.* — Lib. VI, sez. II, art. III.
(2) *Nouvelles inventions pour bien bâtir à petits frais.* — 1561.

tale, si costruisce un murello andante alto pochi centimetri, e largo poco meno della lunghezza d'una tegola; e sopra di esso si mura per traverso una fila o di tegole e di canali, o di soli canali, alternati in modo che l'acque possano scolare al di qua e al di là sulle laterali falde. Anche lungo i displuvi inclinati si costruisce un somigliante murello, il quale vien ricoperto o d'una fila di tegole piane murate e disposte nel modo ordinario, ovvero d'una fila di coppi parimente murati con la convessità rivolta in alto. Nel primo caso le acque scorrono tutte al termine del displuvio; nel secondo scolano al di qua e al di là sulle laterali falde. Alcune volte le creste e i displuvi inclinati sono coperti di lamine di piombo ripiegate sulle adiacenti falde. Nei compluvi poi vanno stabiliti dei canali laterizi fatti a bella posta, ovvero di piombo, nei quali si raccolgono le acque delle falde concorrenti. La struttura esteriore d'un compluvio è generalmente conosciuta nell'arte muratoria sotto la denominazione di *conversa*.

§. 310. Generalmente la copertura dei tetti è protratta fuori dei muri di gronda, e al di là del cornicione della fabbrica. L'acque pluviali che discendono lungo le falde o cadono immediatamente sul terreno circostante, o vengono raccolte entro docce di legno, o di latta, chiamate *grondaie*, perchè disposte lungo la gronda, ove sono raccomandate alla pedagnola (§. 288) per mezzo d'opportuni braccetti di ferro; e quindi sono versate sul terreno da più o men lunghi tubi di scarico inclinati, e applicati a convenienti distanze l'uno dall'altro. Nel primo caso lo stillicidio riesce in tempo di pioggia non mediocremente molesto alla gente che cammina sui lati delle strade; nel secondo le dirotte cascate d'acqua versate dai tubi recano gravissimo incomodo ai veicoli che tengono il mezzo della via. Sarebbe perciò utilissimo che tutte le fabbriche avessero dei condotti verticali apparenti, o nascosti nei muri, pei quali l'acque raccolte nelle grondaie discendessero fino al piede dell'edifizio, e quivi imboccassero in opportune chiaviche sotterranee. Tale era lo stile che si osservava nell'antiche fabbriche di Roma, e ne rendono testimonianza molti vetusti avanzi di pubblici e di privati edifici. A Milano soltanto si è resa presentemente generale questa lodevole istituzione, la quale in altre illustri città fa progressi men rapidi di quello che sarebbe desiderabile. Nè il merito di quest'inculcato regolamento per lo scolo dei tetti consiste solo nel sollevare i cittadini da un grave incomodo, ma ben anche nel giovare alla conservazione degli edifici, poichè facendo cessare lo scorrimento lungo le parti basse dei muri dell'acque cadenti liberamente dai tetti, spintevi spesso dall'impeto del vento, rende i muri medesimi men soggetti all'umidità, una delle cagioni che contribuiscono al loro deterioramento. Che se in vece di far uso delle grondaie esterne si voglia formare un canale incavato nella sommità del cornicione, e foderato internamente di piombo, perchè riceva l'acque del tetto da smaltirsi per opportuni condotti verticali, non sarà allora necessario quello sporto delle coperture, per cui ordinariamente resta pregiudicata la bellezza degli edifici.

CAPO XI.

DEI PONTI DI LEGNAME.

§. 311. A due capi essenziali, che già altra volta accennammo (§. 132), si possono ridurre tutte le condizioni dalle quali dipende la buona costituzione d'un ponte di qual siasi struttura: cioè 1.° solidità e comodo relativamente al fine della fabbrica, il quale si è di formare la continuazione di qualche strada dall'una all'altra sponda d'un fiume, o d'un canale, da cui è intersecata; 2.° conformità allo scopo di non ledere il regolato sistema del fiume o del canale, ristringendone soverchiamente la sezione con la fabbrica del ponte. A tali due oggetti debbono mirare gli studi degl'Ingeneri tanto nella scelta del sito più adattato pel collocamento d'un ponte, quanto per la forma, per la disposizione, e per la proporzione dell'insieme e delle parti dell'edificio. La costruzione dei ponti è un argomento così copioso, così vario, e così interessante, che ha somministrato materia a molti recenti utilissimi trattati, e che è divenuto a questi giorni, direi quasi, inesauribile, dopo i nuovi sistemi di cui si è arricchita la moderna architettura, e atteso i giornalieri progressi, che va tuttora facendo questo nobilissimo ramo delle pubbliche costruzioni. Noi però non possiamo accignerci se non che ad avvertire le più generali massime, alle quali si deve attenere l'arte in questa classe di opere, per fare quindi una rapida esposizione delle differenti maniere di struttura, che possono convenire ai ponti di legname a seconda delle circostanze dei casi. Più innanzi in questo medesimo libro avremo campo di far parola dei ponti di ferro, e sarà poi riserbato al libro seguente l'esame dei ponti d'opera murale.

§. 312. Pel collocamento d'un ponte, di qualunque genere, deve scegliersi un sito (§. 82) in cui il fiume sia invariabilmente stabilito, affinchè non possa temersi che cangiandosene il corso la fabbrica avesse a rendersi inutile, ovvero mutandosi le condizioni dell'alveo, le proporzioni del ponte avessero a divenir difettose, o la stabilità dell'edificio avesse ad essere minacciata. Importa altresì di star lontano dalle risvolte onde evitare gli urti laterali della corrente contro le parti inferiori della fabbrica. Voglionsi finalmente aver di mira e la solidità naturale delle sponde, in cui i principali appoggi della fabbrica debbono essere stabiliti; e la buona indole del fondo in cui il più delle volte occorre di piantare dei sostegni intermedii per la sicurezza dell'edificio. Tali riguardi debbono per altro essere conciliati con le generali condizioni della buona costituzione tanto dell'andamento topografico, quanto del profilo longitudinale delle strade, a seconda delle massime esposte nel capo VI del lib. I. E talvolta anche accade che o dovendosi onninamente dipendere dalle ricordate generali condizioni dell'andamento stradale, ovvero preesistendo la strada, è tolto l'arbitrio di scegliere il sito, e deve il ponte indispensabilmente fabbricarsi in qualche parte del fiume contraria agli anzidetti riguardi. In tali casi non resta all'Architetto se non che di secondare le circostanze appigliandosi a quel genere di costruzione che più degli altri si confà alle circostanze medesime, e di mettere in opera i mezzi più efficaci per vincere quegli ostacoli naturali che derivano dalla svantaggiosa situazione.

§. 313. Allorchè avremo compiuta la descrizione delle varie maniere di

ponti che si conoscono, e di cui si hanno esempi nella moderna architettura, potrà ciascuno con aggiustate considerazioni venir a capo di discernere a quali circostanze riesca a preferenza adattata ognuna di esse. E per quei casi ai quali fossero applicabili con ugual buon successo diversi espedienti, sarà da preferirsi quello che si scoprirà più conforme allo scopo d' una giusta economia, a tenore delle norme che si daranno a questo proposito nel libro V.; salvo quelle eccezioni che potranno talvolta venir consigliate da accidentali motivi di politica, di commercio, o di pubblica magnificenza.

Sui fiumi e sui canali navigabili importa che i ponti sieno stabiliti in guisa, che rimanga al di sotto di essi un varco alto ed ampio quanto è necessario per il libero passaggio delle barche. Ma alle volte le circostanze sono tali, che per conformare un ponte *fisso* all' indicata condizione, sarìa d' uopo di superare serie difficoltà, e di andar incontro ad eccessive spese, ovvero a gravi inconvenienti. Nasce da ciò la necessità dell' uso dei ponti *mobili*, i quali sono architettati con tale artificio, che possono con pronta e semplice manovra esser posti a luogo e ritirati a piacimento; e sono così adattati a rendere alternativamente secondo il bisogno, libero il cammino a traverso il fiume, ed aperto il passo ai bastimenti. È noto l' uso che si fa di simili ponti anche nell' architettura militare agl' ingressi delle cittadelle e d' altri luoghi di fortificazione. Di questa classe particolare di ponti tratteremo separatamente nel seguente capitolo.

§. 314. Un ponte di legname è composto d' un *palco* o sia *tavolato*, che congiugne i due capi della strada intersecata dal fiume, e ne forma la continuazione; ed è sostenuto da due piedritti inerenti alle sponde dell' alveo, i quali chiamansi *spalle*, o *testate* del ponte, e da altri piedritti intermedii che sorgono dal fondo del fiume, i quali se sono di muro diconsi *pile*, e se sono di legname, ed è questo il caso che presentemente si vuol considerare, chiamansi *palate*, ovvero anche *stilate*. Quella parte del palco che è compresa fra due palate contigue si denomina *travata*, *passina*, o pure *campata*. Nei ponti che attraversano fiumi arginati le testate sono inerenti non alle sponde ma agli argini, ed alcune palate sono piantate nelle golene laterali, altre entro il letto del fiume. In questi casi le prime diconsi *palate morte* per distinguerle dalle seconde, alle quali si dà il nome di *palate vive*.

§. 315. Le principali dimensioni del ponte dipendono immediatamente dal profilo trasversale, o sia dalla sezione del fiume; la quale è la base fondamentale del progetto, e deve prima d' ogni altra cosa essere accuratamente rilevata, e delineata. È necessario che i tronchi laterali della strada, che fanno capo alle sponde o agli argini del fiume sieno costituiti in modo, che le due estremità da congiugnersi cadano sulla medesima orizzontale. Quindi la lunghezza del palco si ha nella distanza che passa fralle accennate due estremità, e la sua posizione è determinata dall' anzidetta orizzontale, la quale fa pur conoscere in ogni punto l' elevazione, o sia la distanza verticale del palco dal fondo del fiume; e per conseguenza le rispettive altezze delle palate, fissati che sieno i punti del loro collocamento.

Per la distribuzione delle palate si deve prender norma principalmente dall' indole del fiume, e se occorre, anche dai bisogni della navigazione; nè si deve lasciare di prendere in considerazione la qualità e le dimensioni

del legname, di cui le circostanze permettono di disporre; nè d'avere i debiti riguardi all'economia della spesa: onde il numero e le distanze reciproche delle palate vengano determinate in modo che resti assicurata la stabilità dell'edificio, e sia nello stesso tempo prevenuto qualunque inconveniente, ed evitato ogni superfluo dispendio. In generale i torrenti soggetti a repentine e impetuose piene, con le quali spesso trasportano e ghiacci, e tronchi d'alberi svelti dalle coste dei monti, non comportano che il loro letto sia ingombrato da molte e spesse palate; mentre i fiumi perenni e placidi ben poco vengono turbati nel loro corso per l'incontro di simili, benchè frequenti, inciampi.

L'ampiezza del palco, affinchè possa essere sufficiente pel ricambio delle vetture (§. 97), vuol essere fissata in modo che rimanga uno spazio libero non meno largo di m. 4. Ma stando a quest'infimo limite mal sarebbe provveduto al comodo e alla sicurezza delle vetture medesime, e della gente a piedi. Quindi si stabilisce che la larghezza libera d'un ponte non abbia ad essere minore di m. 6. Il colmo del comodo e della convenienza si ha in quei ponti che non sono nè più nè meno larghi delle strade di cui fanno parte.

§. 316. Allorchè i riguardi dovuti ai diversi oggetti poco dianzi accennati acconsentono che si stabiliscano le palate d'un ponte non più distanti di m. 16 l'una dall'altra, il palco, il quale nella sua struttura di poco differisce da un solaio ordinario, come vedremo in appresso, non abbisogna d'altro rinforzo nelle singole travate, che di quello d'alcuni saettoni disposti appunto come si disse pe' solai (§. 270), tenendo luogo le palate dei muri laterali, per servir d'appoggio ai saettoni medesimi. Da questo sistema, il quale è il più semplice che possa convenire ai ponti di legname, deriva una prima classe di ponti, che possono chiamarsi a *semplice impalcatura.* Quando poi le circostanze costringono a tenere le palate più distanti di m. 16 l'una dall'altra, le travate non potrebbero rendersi abbastanza sicure col semplice sistema preindicato, ed è forza di costruire sotto ciascuna travata una robusta armatura, la quale appoggiandosi alle laterali palate, offra un sufficiente numero di fermi punti d'appoggio intermedii alle travi dell'impalcatura. I variatissimi sistemi che possono valere per la costruzione dell'armature in sostegno delle travate compongono un'altra classe di ponti, che per distinguerli da quelli della prima classe possono denominarsi ad *impalcatura armata,* ed anche più brevemente ponti a *castello.* Vedremo da prima a parte a parte tutto ciò che concerne la solida struttura dei ponti della prima classe, di cui sono più frequenti occasioni nei nostri fiumi, e quindi raccoglieremo in una breve ed ordinata esposizione le condizioni meccaniche dalle quali dipende la stabilità dei ponti a castello, e le varietà dei sistemi che possono adoperarsi nella costruzione dei medesimi.

§. 317. Per procedere con ordine nell'esame dei ponti a semplice impalcatura incominciamo dal dichiarare come in essi debbano costruirsi le palate. Ciascuna di queste è ordinariamente composta di colonne verticali fitte nel fondo del fiume, e disposte in una fila parallela alla direzione della corrente. Un architrave o *corrente* è posato sulle teste delle colonne, ridotte tutte a trovarsi in un medesimo piano orizzontale. Una o più *fasce* orizzontali, e, se fa bisogno, altre fasce oblique, riuniscono saldamente il

sistema. Queste fasce si usano talvolta semplici e congiunte alle colonne senza incastro, ma con semplici caviglie. Assai maggior fermezza acquista per altro il sistema quando si adoperano doppie, in modo che da una parte e dall'altra abbraccino ad incastro le colonne, nella stessa guisa delle cinture orizzontali ed oblique, menzionate nella descrizione dell' armature del coperto del tempio di S. Genueffa (§§. 293, 294). La palata dev'estendersi a tutta la larghezza del ponte. Le testate del ponte sono per lo più costrutte nella stessa forma delle palate. Nel ponte di Bassano, il quale aveva le travate della lunghezza di m. 12,33, ed in cui le palate dovevano innalzarsi m. 10,72 sul fondo del fiume, il Palladio, per quanto egli stesso ci narra (1), adoperò le colonne della riquadratura di m. 0,54, e le pose a distanza di m. 0,72 l' una dall' altra. Ma nell' uso ripetuto di questa classe di ponti l' esperienza ha fatto conoscere non essere necessaria alle colonne così forte riquadratura, e che la riquadratura di 30 in 35 centimetri può bastare, purchè si diminuisca la distanza fra una colonna e l'altra, secondo che sono maggiori la lunghezza della travata, e la distanza del palco dal fondo del fiume.

§. 318. Quando si tratta di ponti molto elevati non è sempre facile di trovar le colonne sufficientemente lunghe; avendo riguardo a quel più di lunghezza che si richiede affinchè possano esser fitte nel fondo, quanto è necessario onde non abbiano a piegare per l'urto della corrente, o ad abbassarsi per la pressione del carico superiore. Oltre di che grandissima è la difficoltà di piantar le colonne nel fondo del fiume quando sono assai lunghe, attesochè giunte a qualche profondità si piegano, ed oscillano sotto i replicati colpi del maglio (§. 235 n.° 5), piuttostochè penetrare più addentro nel terreno, per quanto sia questo di mediocre consistenza. Il Bolognini, valente Ingegnere italiano, propone (2) e riferisce d'avere sperimentato con buona riuscita un espediente per cui si può supplire alla mancanza, ed evitare le difficoltà delle lunghe colonne nella costruzione delle palate pei ponti di molta altezza. Nel sito destinato per porvi una colonna si affondi un' agucchia d' uguale riquadratura (§. 233) lunga m. 3, ed anche più se l' indole cattiva del fondo l'esige, e tanto si batta quanto è necessario acciocchè entri tutta non solo nel terreno, ma la sua testa giunga un metro circa sotto la superficie del fondo. Piantata l'agucchia *a* (fig. 117), vi si affondino attorno i quattro pali *b*, *b*, *b*, *b*, aderenti alle facce di quella, e sporgenti alquanto dal fondo. Nel vano che rimane fra i quattro pali sulla testa dell' agucchia si collocherà la colonna *e*, facendo sì che un perno di ferro *p* lungo un metro circa, e del diametro di metri 0,004 s'interni verticalmente metà nell' agucchia e metà nella colonna *e*, stringendo i pali medesimi alla colonna per mezzo di caviglie di ferro *s*, *s*, *s*.... Egli è chiaro che per tal modo la colonna *c* tanto si diminuisce in lunghezza quanta è la lunghezza dell' agucchia *a*, e che l'affondamento dovendosi eseguire sopra pali di poca lunghezza, va esente dall'indicate staordinarie difficoltà: oltre che la manovra di battere i pali, succedendo in luogo poco alto, riesce più spedita, e non esige la costruzione di palchi

(1) *Dell' Antichità.* — Lib. I, cap. IX.
(2) *Opuscolo relativo alla costruzione dei grandi edifizi.* — Reggio 1814. — Parte II, artic. III.

così elevati e dispendiosi, come occorrerebbero se si dovessero affondare l' intere colonne.

Si può scorgere in questo espediente una combinazione delle due specie di giuntura, che riferimmo nel §. 242, ai numeri 8 e 9.

§. 319. Molto più semplice è il metodo che per lo stesso fine si adopera dai Francesi, e di cui ne vien dato ragguaglio dal Gauthey (1). In vece delle lunghe colonne s' affondino a rifiuto di maglio (§. 235 n.° 6) altrettanti pali *a*, *a*, *a*, (fig. 118), e si spianino le loro teste tutte ad uno stesso livello, alquanto inferiore al pelo magro del fiume. Si stringano le sommità dei pali con una fascia orizzontale formata delle doppie traverse *cc*, *cc*; e su queste altre uguali se ne dispongano *dd*, *dd*, in cui sieno tagliati, in corrispondenza degl' incastri che chiudono le teste dei pali, altri incastri atti a ricevere i piedi delle colonne *b*, *b*, *b*. Caviglie di ferro orizzontali, ed altre verticali stringano insieme i pezzi componenti il doppio ordine di traverse. Le colonne collocate negl' indicati incastri s' innestino ai pali sottoposti per mezzo dei soliti perni di ferro (§. 242 n.° 9). Resta così divisa la palata in due parti, delle quali l' inferiore serve come di basamento alla superiore, ed è dalla medesima affatto indipendente; laonde nelle circostanze di dover rinnovare le colonne, le quali vanno soggette a sollecito discadimento, specialmente nelle loro estremità inferiori, ove frequentissime sono le vicende dell' umido e del secco, non fa mestieri di demolire la parte bassa delle palate, la quale trovandosi costantemente coperta dall' acqua si può conservare gran tempo illesa (§. 178). È questo un notabilissimo vantaggio e per la speditezza e per l' economia delle successive ristaurazioni delle palate, a riguardo del quale lo spiegato metodo francese merita d' essere anteposto a quello di Bolognini, che precedentemente abbiamo riferito, e per cui ne divien commendevole l' uso anche nei ponti discretamente alti, i quali non esigono l' impiego di lunghe colonne.

In quei fiumi che hanno una considerabile altezza d' acqua, per maggior sicurezza dell' edificio è ben fatto di stabilire le colonne di ciascuna palata sopra un basamento formato d' un doppio ordine di pali. Si dispongono in tal caso i pali *a*, *a*, *a*, *a*, *a*, *a*, (fig. 119) in due file parallele, in modo che gli assi dei pali che compongono una fila, sieno tutti in un piano verticale distante un metro circa dall' altro piano verticale in cui giacciono gli assi dei pali dell' altra fila. Le sommità dei pali di ciascuna fila sono strette dalle fasce, o doppie traverse orizzontali *cc*, *cc*, *cc*, *cc*. Quindi alle due file di pali sono appoggiate per traverso le banchette *ee*, *ee*, *ee*, in modo che ciascuna di queste riposi sopra due pali posti uno incontro all' altro; e sul mezzo di tali banchette si ergono le colonne, chiudendo e assicurandone le basi con una fascia o doppia traversa longitudinale *dd*, *dd* stretta, e fermata alle banchette per mezzo di caviglie di ferro orizzontali e verticali.

I descritti basamenti per le palate tanto a semplice quanto a doppia fila di pali, utilmente sperimentati in molti ponti della Francia, possono esser formati con pali grezzi, spogliati cioè soltanto della corteccia. E se questi pali si sceglieranno di diametro uguale alla diagonale della base delle colonne, e si squadreranno nella sommità, per quanto corrisponde all' al-

(1) *Traité de la construction des ponts.* — Lib. III, cap. II, sez. II.

tezza della fascia che deve legarli, questa troverà un fermo appoggio sugli sporti dei segmenti cilindrici, che rimarranno intorno alla detta squadratura, e saranno al sicuro da ogni cedimento, assai più di quanto possono esserlo per la semplice forza dell' incavigliatura.

§. 320. In protrazione delle palate al di qua e al di là sono ordinariamente piantati a fior d'acqua magra dei pali, le teste dei quali sono legate alle colonne per mezzo d'una fascia orizzontale. Servono questi pali d'appoggio ai puntelli inclinati, che si pongono dall'una e dall' altra parte in rinforzo delle palate, come vedesi nelle figure 122, 124, 126. In quei fiumi che sono soliti di trasportar giù nelle piene ghiacci e tronchi di alberi onde per l'urto di queste moli galleggianti non abbiano a risentirsi le palate, si muniscono le palate stesse nei fianchi superiori di speroni molto inclinati, come si scorge nella palata rappresentata dalla figura 124. Ciascheduno sperone, per l'ordinario, è formato d'una fila di colonne decrescenti in altezza fino al pelo magro del fiume, coperte d'un *cappello* inclinato, al quale è addossato un prisma triangolare di legno, che rivolge uno spigolo contro la corrente. Se copiosi e grossi galleggianti sono soliti di discendere con le piene, può convenire talvolta di stabilire gli speroni isolati, o sia staccati dalle palate, affinchè a queste non si comunichino gli urti violenti ricevuti da quelli. La struttura d'uno sperone isolato può ravvisarsi nella figura 120. Questa precauzione per altro divien superflua quando la stabilità delle palate è assicurata dalla abbondante loro ampiezza, e da una robusta costruzione. Più frequentemente si usa di collocare nella parte superiore del fiume dei pali isolati, che chiamansi *guardiani*, situati a qualche distanza delle palate, e sui prolungamenti delle loro direzioni, i quali giovano a distogliere i galleggianti dal correre ad urtare nei puntelli e negli speroni, obbligandoli a dirigersi verso gli spazii liberi intermedii alle palate.

§. 321. Sugli architravi che coronano le singole palate si appoggiano le travi longitudinali costituenti la principale ossatura del palco, di cui diremo fra poco la struttua. Queste travi sono tante quante sono le colonne di ciascuna palata; e così disposte che ognuna di esse corrisponda direttamente al di sopra d'una colonna. Purchè la lunghezza della travata non sia maggiore di m. 4 non abbisognano le travi di verun rinforzo intermedio, e il ponte può essere della semplice struttura che vien dimostrata nella fig. 121; ove supponendo tanto le colonne quanto le travi della riquadratura di m. 0,30, possono stabilirsi le prime, e quindi anche le seconde a distanza di m. 1,40 l'una dall' altra da vivo a vivo. La figura 122 rappresenta la palata d'un tal ponte con le colonne concatenate per mezzo di due fasce oblique, ed è questa una fra le varie maniere di collegamento, che possono usarsi in simili circostanze.

Se la lunghezza della travata fosse più di m. 4, ma non maggiore di m. 7, potrebbero bastare in rinforzo di ciascuna trave due semplici saettoni *s s*, *s s* uno per parte (fig. 123), ai quali converrà di aggiugnere un *sottotrave*, o vogliamo dire una *chiave* intermedia *c c*, se la lunghezza della travata è fra 7 e 9 metri. Che se la medesima lunghezza fosse di 9 in 11 metri sarìa d'uopo di corroborar maggiormente le travi con la giunta dei cuscini *m m*, *m m* posati sugli architravi delle palate, ed assicurare i saettoni mediante le staffe di legno *o*, *o*, fissati alle travi e ai cuscini, e col-

locate in direzioni perpendicolari a quelle dei medesimi saettoni. Quest'ultima combinazione di membri nella palata è dimostrata dalla fig. 124, ove una fascia orizzontale *ff* serve nello stesso tempo a concatenar le colonne, e a formare un'imposta sulla quale possono stabilmente appoggiarsi i piedi de' saettoni. Le due fasce in croce collegano anch' esse le colonne, e son di sostegno alla fascia orizzontale. L' altra fascia inferiore obliqua unisce alla palata uno sperone, nel caso che ve ne sia bisogno, e fortifica lo sperone medesimo contro gli urti della corrente e de' galleggianti. Nei ponti ora considerati si vuole assegnare alle colonne e alle travi una riquadratura non minore di m. 0,32 e si prescrive che le colonne non abbiano da porsi a distanza maggiore d' un metro l' una dall' altra da vivo a vivo. Nè si tralascia d' avvisare che l' imposta de' saettoni non debba fissarsi più bassa del pelo delle piene, onde nelle crescenze la corrente non si trovi troppo ristretta, e non abbia quindi ad acquistar forza a danno dell' edificio, e affinchè i saettoni medesimi non restino esposti agli urti de' galleggianti trascinati dalle piene.

Per le travate di maggior lunghezza si raddoppiano i saettoni e le staffe come vedesi nelle fig. 125, 126, e si assegna la riquadratura di m. 0,35 alle travi, e alle colonne; fermo sempre che fra queste da vivo a vivo non sia maggior distanza di un metro. E ne risulta così un' abbastanza solida struttura dei ponti che hanno le palate fra loro distanti 12 e perfino 15 e 16 metri; quand'anche in mancanza di travi tutti d' un pezzo, che giungano da una palata all' altra, si formi ciascuna trave di due pezzi congiunti testa a testa; purchè per altro la congiunzione non si faccia cader fuori della chiave, o sia del sottotrave sorretto dai saettoni. Forse potrebbesi anche applicare una struttura analoga a travate di maggior lunghezza raddoppiando, o triplicando i saettoni e i sottotravi, vale a dire formando questi membri di armature, o sia travi composte di due o tre pezzi uniti corpo a corpo (§. 238, 240). Ma si cadrebbe nella necessità d'adoperare colonne e travi di riquadrature assai più forti, e di porle a distanze minori di quelle fissate di sopra; onde nel complesso la fabbrica verrebbe ad assorbire maggior quantità di legname di quella che potrebbe abbisognare per qualche altro genere di struttura più confacente al caso, fra quelle che appartengono ai ponti della seconda classe, dei quali parleremo in appresso.

I membri componenti dei varii sistemi fin qui considerati vogliono essere uniti e fermati per mezzo di caviglie, e di chiavarde di ferro a vite, o a chiavetta. Le forme e le dimensioni di queste verranno descritte e fissate a luogo opportuno. Quale debba essere l' opportuna loro distribuzione potrà ciascuno facilmente comprenderlo da sè medesimo.

§. 322. Quantunque a seconda di quanto fu notato da principio (§. 317), e degli avvertimenti soggiunti nel paragrafo antecedente, dietro i risultati di replicate esperienze sia generalmente riconosciuta la convenienza di costruire i ponti a semplice impalcatura con colonne e con travi della riquadratura di 30 in 35 centimetri, gioverà nullameno di stabilire le basi sulle quali va fondata la valutazione del carico, di cui possono trovarsi aggravati i palchi dei ponti; onde all' occorrenza aver modo di ridurre ad esame la stabilità di qualunque ponte di legname, dipendentemente dalle resistenze, e quindi dalle dimensioni de' singoli membri del sistema, considerati nei rispettivi loro ufficii.

Affinchè l' accennato esame possa esser valevole a render pienamente sicuri della stabilità d' un ponte, è necessario che la valutazione del carico sia desunta dal più contrario fra i casi possibili. Ora il palco del ponte può supporsi che nel passaggio di qualche armata, o in qualche straordinaria circostanza di trasporti di derrate si trovi tutto coperto o da una calca di gente a piedi, o da una moltitudine d'uomini a cavallo, ovvero da un affollamento di carri o altri veicoli carichi. Vediamo distintamente qual peso si produca sulla superficie del ponte in ciascheduno di questi tre casi.

Il peso d' un uomo può ragguagliatamente stimarsi, come accennammo altra volta (§. 268), di chilog. 70; mentre può stabilirsi che in una calca di gente ogni metro quadrato di terreno sia occupato da sei persone. Un soldato dei tempi nostri, secondo il conteggio di Hachette (1), porta addosso in tempo di guerra tra vesti, armatura e bagaglio un peso di circa 27 chilogrammi. Quindi si deduce, che nel passaggio d' un'armata di fanteria sopra qualche ponte, il palco di questo sopporta un carico di chilog. 582 per ogni metro quadrato della sua superficie.

Il peso medio d' un cavallo può calcolarsi (2) di chilog. 250; quello della bardatura, e del cavaliere armato, e provvisto di viveri e munizioni, di circa chilog. 120. E siccome il cavallo occupa in ragguaglio un'area di m. q. 2, così ne segue che la superficie d'un ponte coperta di cavalleria ha per ogni metro quadrato un peso di chilog. 185.

Una vettura tirata da quattro cavalli occupa all' incirca un'area di m. q. 27. I quattro cavalli pesano insieme chilog. 1000. Il peso di due cavalcanti, e di tutte le bardature può ritenersi di chilog. 254. Supponiamo che un cavallo possa tirare il carico di chilog. 2600 compreso anche il peso del veicolo, sebbene sia questo uno sforzo a cui i più vigorosi cavalli non potrebbero reggere che per brevi tragitti; e di cui si ha appena un esempio nei trasporti delle pietre da taglio che si fanno sulle strade selciate di Parigi (3), sarà così il carico d' una vettura tirata, come abbiamo detto, da quattro cavalli, di chilog. 104000, onde sull'area di m. 27 si avrà il carico totale di chilog. 11654, che si ragguagliano a chilog. 432 per metro quadrato.

Dal paragone di questi diversi risultamenti si scorge che il massimo carico di cui possa trovarsi aggravato il palco d' un ponte è quello che deriva da una moltitudine di gente a piedi, il peso della quale è sopra ciascun metro quadrato della superficie del ponte di chilog. 582. Su questa ipotesi dovrà dunque essere basato l'esame della stabilità di qualunque ponte di legname, e dovranno essere dedotte la distribuzione e le dimensioni che competono ai varii membri, secondo i diversi uffici di resistenza a cui sono destinati. Il modo di procedere in tal esame, data che sia la forma, e stabilite le dimensioni generali del sistema, è analogo a quello con cui fu proceduto all'esame della stabilità d' un tetto (§. 299), e possiamo quindi per brevità dispensarci dall'addurne particolari esempi.

§. 323. Passiamo dunque a considerare i ponti della seconda classe, a cui abbiam dato la denominazione di ponti a castello (§. 316). E per farci

(1) *Traité élémentaire des Machines.* — Artic. 51.
(2) *Idem.* — Artic. 70.
(3) Borgnis. — *Mouvement des fardeaux.* — Lib. II, Cap. I.

strada a ragionare ordinatamente sui varii artifizii della struttura di tali ponti dobbiamo prima di tutto osservare, che qualunque carico venga a trascorrere sulla superficie d' un ponte, passa successivamente ad aggravare il palco, ed il sistema da cui questo è sostenuto in tutti i diversi punti della sua lunghezza. Quindi essendo variabile il punto d' applicazione del carico, ne segue che il sistema non potrà essere equilibrato pel semplice adempimento delle condizioni per l' equilibrio dei poligoni (1), e non potrà conservare stabilmente la sua forma, a meno che i suoi membri di resistenza non sieno saldamente collegati per mezzo d' altri opportuni membri di concatenazione (§. 227), e che le congiunzioni dei varii membri non sieno solidamente assicurate con istaffe, con caviglie, o con chiavarde di ferro. Così che il sistema, reso invariabile nella sua forma, dovrà resistere al carico superiore e per la sua figura, e per le sue dimensioni, come se fosse un solido tutto d' un pezzo. Dovendo poi il castello essere in caso di resistere al carico, che percorrendo la superficie del ponte si viene ad applicare progressivamente a tutti i suoi punti, è chiara la necessità che il castello medesimo fra due palate o due piedritti contigui sia composto di due o più armature parallele appoggiate ai piedritti medesimi, ciascuna delle quali equivalga ad un solido dotato d' ugual resistenza in tutti punti della sua lunghezza, ed abbia quindi, come può facilmente dimostrarsi, la figura d' un semiellisse avente per asse maggiore la distanza dei due piedritti, e per semiasse minore la grossezza che dovrebbe assegnarsi ad una trave parallelepipeda di larghezza uguale a quella dell' armatura, affinchè giacendo sui medesimi appoggi fosse capace di sopportare nel suo punto di mezzo un carico uguale a quello al quale occorre che l' armatura possa resistere in ogni suo punto (2).

§. 324. Dopo tali premesse, seguendo le tracce del Gauthey, possiamo vedere come con un' ingegnosa successione di meccaniche considerazioni si possa giugnere, quasi per iscala, ai varii generi d' armature di cui l' arte ha fatto sfoggio in questa classe di ponti.

Si offre a prima vista un' armatura piena figurata prossimamente come un solido d' ugual resistenza, o sia pressochè come il solido *a b c d e* (fig. 127). Ma ponendo mente al fisico modo con cui si spiega la resistenza rispettiva del solido, nel quale, secondo che apparve dalle sperienze di valenti Fisici (§. 232), le fibre superiori con la loro elasticità si oppongono allo sforzo

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d' Idraulica.* — Vol. I, lib. IV, cap. V.

(2) Sieno $2m$ la lunghezza, e b la larghezza costante d' un trave orizzontale sostenuto in entrambe le sue estremità; e dicasi y la sua altezza verticale in un punto corrispondente all' ascissa orizzontale x presa da uno de' suoi estremi. Sarà la sua resistenza rispettiva (§. 159 n.° 9), nella sezione che corrisponde alla medesima ascissa x, espressa dalla formola $\frac{b\,m\,k\,y^2}{x\,(2m - x)}$. Affinchè il solido sia dotato in qualunque punto d' una resistenza costante R dovrà essere $\frac{b\,m\,k\,y^2}{x\,(2m - x)} = R$, e quindi facendo $\frac{mR}{bk} = n^2$, si avrà $y^2 = \frac{n^2}{m^2}(2mx - x^2)$, che sarà l' equazione della curvatura superiore del solido d' uguale resistenza. Tal equazione appartiene appunto ad un' ellisse che ha l' asse maggiore uguale a $2m$, ed il semiasse minore $n = \sqrt{\frac{mR}{bk}}$; cioè (§. citato n.° 8) uguale alla grossezza d' un trave parallelepipedo, dotato nel suo punto di mezzo della stessa resistenza rispettiva R.

che fa il carico soprastante per contraerle, e le fibre inferiori ostano parimenti con l'elasticità loro allo sforzo che fa lo stesso carico per distenderle, scemando a poco a poco la resistenza dell'une e dell'altre di mano in mano che si avvicinano ad un piano orizzontale, che divide in due parti la grossezza del solido, nel rapporto circa di uno a due, sul qual piano la resistenza diviene uguale a zero: rendesi incontanente manifesta l'inutilità delle parti intermedie, e la convenienza di toglierle onde alleggerire il solido senza diminuirne la resistenza. E così nasce l'idea d'un'armatura vuota composta d'una catena orizzontale *a b* (fig. 128) di due puntoni principali *p*, *p* concorrenti nel vertice dell'armatura, e degli altri puntoni secondarj, o razze *r*, *r*, *r*,..; le quali sono ritenute al di sopra dei due correnti, ugualmente inclinati in senso contrario, e che concorrono essi pure nel vertice dell'armatura. L'aste verticali *ee*, *ee*, *ee*,... collegano la catena ai puntoni ed alle razze; ed in grazia di tale collegamento accade, che qualunque carico collocato in qualsiasi punto del sistema non può generare se non che una pressione diretta contro i puntoni e contro le razze, la quale produce quindi due conati orizzontali nell'estremità della catena, che la tirano in direzioni opposte. Dal che si deduce che la parte inferiore dell'armatura, cioè la catena, non è costretta ad esercitare se non che la propria resistenza assoluta, mentre le parti superiori, cioè i puntoni e le razze, non debbono tenere in esercizio che la loro resistenza assoluta negativa; come appunto succederebbe se l'armatura fosse tutta d'un pezzo. Con armature foggiate in conformità di questo sistema fu fabbricato sul Reno l'anno 1771 dal legnaiuolo Giovanni Ulrico Grubenman il rinomato ponte coperto di Sciaffusa, diviso in due travate, l'una delle quali lunga m. 52, l'altra m. 58,8. Gli studiosi ne potranno leggere un interessante ragguaglio nelle più volte nominate opere di Krafft, di Rondelet, e di Gauthey; e più particolarmente nella descrizione che fece di esso ponte il De Mechel (1); e saranno paghi per ora di vederne un piccolo disegno nella fig. 129. Sullo stesso sistema il medesimo artefice, aiutato da un suo fratello, costruì dipoi, l'anno 1778, l'armatura d'un più grande ponte coperto ad una sola travata lunga m. 118,9 sul fiume Limmat presso Wettingen nella Svizzera. Questi due ponti, meritamente additati come veri capi d'opera nel loro genere, furono sgraziatamente consunti dal fuoco nella memoranda guerra dell'anno 1799.

§. 325. Considerando ora che l'uffizio della catena nel sistema sul quale ci siamo or ora trattenuti consiste soltanto nel ritenere i puntoni e le razze, resistendo alla spinta orizzontale che esse esercitano contro le sue estremità a cui sono appoggiate, e connesse in modo opportuno (§. 244 n.° 9 e seg.); siamo guidati a conoscere che anche senza la catena potrebbe sussistere il sistema, se i saettoni fossero appoggiati a due piedritti laterali capaci di sostenere la spinta. E ci si fa quindi innanzi una nuova armatura composta di soli puntoni (fig. 130) appoggiati ai piedritti, assicurati dai correnti superiori e collegati dall'aste verticali; nel quale ovunque si concepisca applicato un peso non può questo agire che contro la resistenza assoluta negativa dei puntoni con una spinta che va quindi ad

(1) *Plans, coupes, et élevations des trois ponts des bois les plus remarquables de la Suisse.* — Bâle 1803.

elidersi contro i laterali piedritti. Di siffatto sistema si offre un modello nella fig. 131, che è il disegno d' un ponte coperto ad una sola trovata della lunghezza di m. 50,7, il quale fu costrutto dal carpentiere Ritter sul fiume Kandel nel cantone elvetico di Berna.

§. 326 La fig 132 ci fa conoscere un altro sistema il quale differisce dal precedente soltanto perchè in vece di varii puntoni ne ha uno solo per parte, formato dalla riunione di varie travi corpo a corpo, in guisa che il membro composto acquisti la necessaria riquadratura relativamente al grado di resistenza che in esso abbisogna. Osserva Gauthey che i pezzi così riuniti in due soli membri sono validi a resistere molto più che se fossero distribuiti isolatamente conforme al sistema del ponte di Berna; e specialmente se, attesa l' ampiezza della travata, si fosse nella necessità di formare i separati puntoni con pezzi giuntati. Ed appunto con tal mira il medesimo Gauthey aveva dato il progetto d' un ponte da farsi a Lione con una sola travata lunga m. 50, della forma che viene rappresentata nella fig. 133. Ma giustamente continua a riflettere lo stesso autore che nel sistema da lui proposto i puntoni non sono soltanto premuti secondo la loro lunghezza, come nel sistema precedente, ma ben anche in direzione perpendicolare alla lunghezza medesima, onde si rendono men atti a resistere, e più proclivi a piegarsi.

§. 327. Nella figura 134 s' acquista idea d' un' armatura formata come quella di Gauthey di due soli puntoni, i quali per altro non vanno a congiungersi insieme, ma abbracciano con le loro sommità una chiave intermedia orizzontale. Si scorge anche in questo sistema l' inconveniente, che tanto i due puntoni, quanto la chiave, sono soggetti a spinte trasversali prodotte dal carico superiore. Ma siccome i membri resistenti riescono più corti essendo tre, di quello che se fossero due soltanto, come nel caso antecedente, così maggiore addiviene in essi la resistenza rispettiva (§. 159 n.° 3), e più remoto si rende quindi il pericolo che vengano a piegarsi in grazia dell' accennate spinte. Appartiene a questo sistema il bel ponte, che, come racconta il Palladio (1), fu da lui fatto costruire sul fiume Cismone. Il ponte era formato ad una sola travata in un punto ove la larghezza del fiume era di m. 35,74. Ma l' avvedutissimo architetto seppe prevedere l' incoveniente motivato poc' anzi, e trovò sagacemente il modo di rimediarvi per mezzo di colonnelli e dell' interne razze, disposte come si osservano nella fig. 135; in virtù delle quali aggiunte, può facilmente comprendersi che tutti i membri dell' armatura venivano esentati dal dover esercitare le loro resistenze rispettive, e si riduceva il loro ufficio alla sola resistenza assoluta negativa.

§. 328. Se torniamo a riflettere che quanto più son corti i membri dell' armatura, tanto meno sono in pericolo di curvarsi cedendo alla spinta laterale, ci si presenterà spontaneamente l' idea di aumentare il numero de' membri resistenti, e di comporre il sistema in forma d' un poligono di quattro, di cinque, o d' un maggior numero di lati, come si osserva nelle fig. 136, 137. E potremo anche facilmente concepire il modo di liberare i membri principali da ogni spinta laterale con l' introduzione d' opportuni membri secondari, o ad imitazione di ciò che il Palladio praticò

(1) *Dell' Antichità.* — Lib. I, cap. VII.

nel menzionato ponte del Cismone, ed immaginò per altri ponti di sua invenzione, ma non eseguiti (1), uno de' quali è rappresentato nella fig. 138; ovvero a seconda del metodo adoperato dal Perronet per l' armature delle vôlte, di cui avremo occasione di parlare in altro capitolo. Se non che quanto è maggiore il numero dei lati del poligono, altrettanto è anche maggiore il numero degli angoli o sia delle *articolazioni*, le quali per quanta diligenza si usi nelle connessioni dei membri non possono mai riuscire così solide, che niun movimento abbia in esse ad accadere mentre il carico passa ad essere applicato a diversi punti del sistema. E quindi si scorge che se per una parte moltiplicando i membri si fa utile all' armatura, per quanto la sua stabilità dipende dalle resistenze individuali dei membri medesimi, per un' altra parte s' indebolisce il sistema, poichè con aumentare l' articolazioni si moltiplicano per dir così gli elementi della sua instabilità; gli effetti dei quali, sebbene piccolissimi ognuno da sè, venendo ad accumularsi possono generare nell' armatura sensibili alterazioni.

§. 329. Ci rimane per ultimo da considerare un sistema nel quale si pensò che dovessero svanire tutti gli inconvenienti rilevati negli altri, dei quali abbiamo finora parlato, ed il quale è un' invenzione della moderna architettura, poichè soltanto dopo la costruzione dei menzionati ponti di Sciaffusa, e di Wettingen (§. 324) ne fu dato un saggio nel ponte di Chazey fabbricato sul fiume Ain nella Francia con quattro travate di m. 19,5 l' una; e non prima del 1794 se ne ebbe un ragguardevole esempio nel ponte di Mellingen fatto sul fiume Reuss nel territorio elvetico dal già ricordato Ritter, con una sola travata della lunghezza di m. 48. Può farsi derivare questo nuovo sistema dal precedente, accrescendo fino all' infinito il numero dei lati del poligono, in modo che questo si converta in una curva, come apparisce nella fig. 139. Si avrà così un' armatura composta non più d' una serie di membri rettilinei, ma d' un solo membro curvilineo, vale a dire d' un arcone formato di travi artificialmente curvate, e riunite a diversi ordini una sull' altra per mezzo di chiavarde di ferro; avvertendo che le giunture non abbiano a trovarsi in continuazione l' una dell' altra ne' diversi ordini di travi che compongono l' arcone. Dopo l' applicazione che ne fu fatta nei due accennati ponti di Chazey e di Mellingen, codesta maniera d' armatura venne adoperata in diversi altri ponti della Francia nei primi anni di questo secolo; e ne fu quindi introdotto l' uso nella Baviera, ove nel breve periodo di tre anni 1807, 1808, 1809 si vide ingegnosamente impiegata per opera del Wiebeking alla costruzione di nove grandi ponti, i quali per la primitiva loro riuscita misero in gran credito il nuovo sistema per tutta l' Europa, e lo fecero riputare più adattato di ogni altro alla costruzione delle grandi travate. Fra questi, a giudizio di Gauthey, i più ragguardevoli per la bellezza della loro struttura furono quello di Neuettingen posto sul fiume Inn, il primo che fu fabbricato dal Wiebeking, composto di cinque travate, ciascuna delle quali era lunga m. 31,23; quello di Freysingen stabilito sul fiume Isar, diviso in due travate della lunghezza di m. 46,4 l' una; finalmente il ponte di Bamberga ad una sola travata della considerabile lunghezza di m. 71,8 fabbricato sul fiume Regnitz.

(1) *Dell' Antichità.* — Lib. I, cap. VIII.

Abbiamo da Gauthey (1) una succinta relazione della struttura dei tre nominati ponti. Chi ne desiderasse una circostanziata descrizione potrà ricorrere all' opera dello stesso Wiebeking (2), nella quale si dà conto ancora degli altri ponti che l'autore fece costruire, e si svolgono i principii e le pratiche concernenti questo nuovo genere di costruzione.

§. 330. Nella fig. 140 esibiamo un piccolo disegno del ponte di Freysingen. Ma per considerare alcun poco le particolarità della struttura di questa sorta di ponti ci potrà servir meglio il modello addotto da Gauthey a semplice oggetto di studio con disegni più precisi, ed in iscala maggiore di quelli che potremmo offrire pei ponti wiebekiniani. Il progetto è applicato ad un ponte da costruirsi con una sola travata fra due testate di muro distanti m. 40 l'una dall'altra. La fig. 141 dimostra l'elevazione del ponte veduto di fianco, la fig. 142 ne rappresenta la pianta, e la fig. 143 ne fa conoscere l'interna struttura in una sezione trasversale proiettata sulla faccia d'una testata. Il castello di questo ponte è composto di cinque armature, o arconi distanti l'uno dall'altro m. 2 da mezzo a mezzo; e ciascun arcone è formato di quattro ordini di travi incurvate, posti l'uno sopra l' altro, riuniti e stretti per mezzo di robuste chiavarde. Questi arconi sostengono il palco mediante le doppie aste verticali, *a a*, *a a*, *a a*.., che fanno l' ufficio di colonne, portando sulle loro sommità le travi longitudinali, sulle quali è stabilito il tavolato. Ciascuna *schiera* di dette aste pel traverso del ponte è collegata da fasce orizzontali *e e*, *e e*, *e e*, ..., le quali servono così ancora a concatenare gli arconi, e a renderne invariabile la posizione. L'aste verticali sul medesimo arcone sono fissate a distanza non maggiore di m. 5 l'una dall'altra. Le fasce orizzontali sono incatenate da una schiera all'altra per mezzo dei tiranti obliqui *u u*, *u u*, che s'incrociano a due a due; e per tale concatenamento si rendono salde nella posizione loro l'aste verticali, e si frenano quei movimenti ondulatorj che potrebbero destarsi nel palco pel passaggio delle vetture, o per gagliardo impulso di vento. Con l'attento studio degli addotti disegni si potrà acquistare una più minuta idea della distribuzione e degli ufficii dei varii membri che compongono il castello, e si potranno conoscere le più interessanti particolarità di questo sistema.

La brevissima durata dei bei ponti wiebekiniani, dei quali già da varii anni non ne esiste più alcuno, ha di molto diminuito quel credito, in cui da prima era salito questo nuovo genere di costruzione. Si è opinato che il sollecito discadimento di quei ponti fosse derivato dalla poca curvatura degli arconi, a confronto della grande estensione delle travate. Ma molti altri ponti dello stesso genere costrutti in Francia in questi ultimi tempi, con travate non più lunghe di 20 in 25 metri, hanno dato campo di conoscere un vizio essenziale, per cui il sistema è recato inevitabilmente ad un prematuro fine. Si è difatti costantemente osservato che gli arconi si vengono a poco a poco ritirando, e che la contrazione dei medesimi producendo un corrispondente abbassamento nel mezzo del castello giunge a segno di porre in compromesso la sicurezza del ponte, e di renderlo in-

(1) *Traité de la construction des ponts.* — Lib. III, cap. II, sez. II.

(2) *Traité contenent una partie essentielle de la science de construire les ponts.* — Munic 1810.

servibile, assai prima di quell'epoca in cui sarebbe d'uopo di ripristinare l'edifizio, in vista del naturale deterioramento del legname di cui è formato.

§. 331. Fra tutte le considerate armature quelle soltanto che sono riunite da una catena orizzontale, in conformità del sistema osservato nei ponti di Sciaffusa e di Wettingen, hanno essenzialmente la prerogativa di non generare veruna spinta orizzontale contro i piedritti, e di produrre semplicemente una pressione verticale sui piedritti medesimi, nella stessa guisa dell'armature dei tetti ordinari (§. 292). Sarebbe lo stesso anche dell' altre qualora se ne potessero rendere le articolazioni stabili, in modo che rimanesse assicurata l'invariabilità della forma del sistema indipendentemente da ogni estranea resistenza. Ma siccome non è sperabile nè molta, nè lunga fermezza nelle articolazioni (§. 328), così la prudenza vuole che si considerino l'armature come se tutti i loro membri fossero sciolti, e che determinando per mezzo delle note formole statiche (1) le spinte orizzontali che in tali ipotesi eserciterebbero contro i laterali piedritti, si assegnino a questi, secondo la loro struttura, quelle forme e quelle dimensioni che sarebbero necessarie per una proporzionata resistenza. Le armature arcuate possono riguardarsi come triangolari; ovvero come se fossero archi di pietra; e determinando, sia nell'una sia nell'altra supposizione, la loro spinta, e proporzionando a questa la resistenza dei piedritti, non v'è dubbio che si verrà a provvedere soprabbondantemente, e nel primo, e maggiormente anche nel secondo caso alla stabilità della fabbrica.

§. 332. La compressibilità del legno, e gl'inevitabili difetti delle articolazioni rendono l'armature dei ponti soggette a qualche cedimento mentre son nuove, il quale cessa tostochè le parti si sono perfettamente costipate, ed assestate nelle loro congiunzioni. Affinchè quest'alterazione non abbia da turbare la regolarità della fabbrica non vi è altro espediente che di congetturare in anticipazione fino a qual segno giugnerà verisimilmente a deprimersi il sistema, e di tenerne conto nel fissare le dimensioni dell'armatura; in modo che questa possa trovarsi in una regolare costituzione, allorchè, appunto terminato il cedimento, sarà pervenuta ad assettarsi. Il cedimento verisimile d'un'armatura non potrebbe esser determinato se non che sui risultamenti delle osservazioni. Per l'armature a poligono nulla ci si offre a tale proposito, ma intorno all'armature arcuate ne vien fornita dal Wiebeking (2) una comoda formola pratica, che gli fu dato di stabilire, dopo d'aver tenuto conto dei primitivi cedimenti accaduti negli arconi dei molti ponti da lui edificati. Dicasi c la lunghezza o sia la corda d'un'armatura arcuata, ed s la saetta dell'arco, e chiamando z il verisimile abbassamento dell'armatura, ossia il raccorciamento che ne avverrà nella saetta, si avrà, secondo i risultamenti di Wiebeking, $z = 0{,}02 \cdot \frac{s}{c}$. Si avverte per altro che questa formola non è applicabile se non che all'armature d'abete, siccome erano quelle, dall'osservazione delle quali essa è stata dedotta; e che men valutabile sarebbe naturalmente il cedimento di qualche armatura che fosse fatta con legname di querce, o d'altra specie più dura, e meno flessibile dell'abete.

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d'Idraulica*. — Vol. I, lib. IV, cap. V.
(2) V. la precitata sua opera alla pag. 125.

§. 333. Ordinariamente le testate dei ponti a castello sono costrutte d'opera murale, onde meglio valgano a resistere alla spinta dell'armature (§. 331.) Ma i piedritti intermedi, nei quali per lo più si distruggono scambievolmente le spinte orizzontali prodotte dall'armature delle laterali travate, comunemente si costruiscono di legname, e non diversamente dalle palate dei ponti a semplice impalcatura (§. 317 e seg.). Non si saprebbe concepire un ragionevole motivo di formar le palate di due o più ordini di pali; sebbene qualche raro esempio ne venga additato dalle memorie dell'arte. Vogliono bensì le palate dei ponti a castello essere guernite di membri ausiliari, e di membri completivi adattati alla qualità dell'armature, cui debbono servir di sostegno; su di che nulla può generalmente stabilirsi. Per la costruzione dei ponti ad armature arcuate merita d'esser proposta per esempio la struttura della palata del già memorato ponte di Freysingen (§. 329,330). Questa, come può vedersi nelle fig. 144, 145, era composta di nove colonne cilindriche verticali del diametro di m. 0,44, battute alla profondità di m. 4,30; e di due puntelli laterali inclinati della lunghezza di 13 in 14 metri; ed era consolidata al suo piede ad un rincalzo di grossi massi di breccia murati con malta di buona presa. Alle due ultime colonne, e a quella di mezzo, alle quali corrispondevano i tre arconi componenti il castello, erano annesse tre banchette doppie destinate a servir d'imposta agli arconi medesimi, fermate alle colonne con caviglie, e sostenute da robusti anelli di ferro cinti e assicurati inferiormente alle colonne. A queste banchette si appoggiavano l'aste o *morse* verticali che stringevano i capi degli arconi, e che non erano aderenti alle colonne, ma ne erano separate da un doppio rivestimento di tavoloni di querce; l'interno del quale fra gl'intervalli delle colonne era riempito d'uno smalto composto di sassi, e d'un cemento di calcina e d'altre sostanze. Il piede della palata era circondato da un buon lavoro di fascinate (§. 37) tendente a preservare il fondo, e ad impedire alla corrente di scalzare le colonne, e di metterle in pericolo di qualche cedimento. La larghezza della palata fra i vivi esterni delle due ultime colonne era di m. 7,60.

§. 334. I palchi dei ponti sono ordinariamente d'una struttura non dissimile da quella dei comuni solai. Alle travi longitudinali *a, a, a*,... (fig. 146) sono addossati ed assicurati con caviglie di ferro, e talvolta anche ad incastro, dei *traversoni e e* della riquadratura di 25 in 30 centimetri, a distanza d'un metro circa l'uno dall'altro, e questi servono d'appoggio alla *coperta* formata di tavoloni longitudinali della grossezza di 10 in 12 centimetri, chiodati ai traversoni medesimi. Ai limiti della larghezza del palco sono inserite nei traversoni delle colonnette verticali *o, o*, principali membri del parapetto, da cui vuol essere attorniato il ponte per la sicurezza delle vetture e de' passeggieri; le quali colonnette possono essere assicurate dai puntelli interni *c, c*, e dagli esterni *u, u*, connessi a dente e mortisa all'estremità del traversone come è indicato nella figura. Il parapetto rimane per l'ordinario compito dal *cappello m, m* orizzontale, assicurato sulle teste delle colonnette con incastri a maschio e femmina, e dalle *spalliere* pure orizzontali *n, n* inserite con uguali incastri nei fianchi delle medesime colonnette. Non occorre che le colonnette sieno tante quanti sono i traversoni, ma basta per la solidità del parapetto che sieno collocate di due in due traversoni, e quindi a distanza di due metri l'una dall'altra.

§. 335. Si può dare anche un'altra struttura ai palchi de' ponti. Sulle travi longitudinali si dispongono, a distanza di due metri l'uno dall'altro, dei traversoni della riquadratura di 20 in 25 centimetri; e vi sono assicurati con caviglie di ferro, e con la presa che vi fanno delle tacche o mortise di poca profondità, intagliate nel disotto degli stessi traversoni. Quindi negl'intervalli fra un traversone e l'altro si collocano per traverso i tavoloni chiodati sulle travi, i quali insieme coi traversoni formano la coperta del palco. I parapetti sono formati nello stesso modo che abbiamo già indicato. Questo genere di struttura, che apparisce nella fig. 147, è più semplice del precedente, e produce evidentemente in sè stesso un risparmio di legname; ma l'altro offre in confronto un risparmio più valutabile, mentre comporta una maggior distanza fra le travi longitudinali, e fra le colonne delle palate. Oltre di che l'adesione dei tavoloni alle travi impedisce l'intermedia circolazione dell'aria, e il dissipamento dell'umidità; onde la continua permanenza di questa nella commessura, deve necessariamente sollecitare la fermentazione, e la corrosione delle parti superiori delle travi, le quali per solito si trovano guaste quando si toglie la coperta per rinnovarla nei palchi costrutti a questo secondo modo. Quindi la sana pratica insegna che debba preferirsi per la costruzione dei palchi il metodo che abbiamo da prima additato.

§. 336. Ordinariamente sui palchi dei ponti si costruisce un pavimento a schiena (§. 98), cioè una selciata, ovvero un'inghiaiata (§. 110 e seg.), secondo che le circostanze rendono più conveniente l'una o l'altra struttura. Per tenere incassato il pavimento si collocano ai fianchi del tàvolato due grossi tavoloni *s*, *s*, (fig. 147) aderenti e assicurati alle colonnette dei parapetti, i quali diconsi *sponde*, ed anche *paraghiaia*. Non v'ha dubbio che il pavimento di qualunque specie si faccia è un carico accessorio, che gravita sulle varie parti del ponte, ed obbliga per conseguenza a moltiplicarne i membri, o ad aggrandirne le dimensioni. Ed è pur vero che i tavoloni della coperta stando sepolti sotto una selciata, o sotto un'inghiaiata, restano privi del benefizio dell'aria e dominati incessantemente dall'umidità, onde presto s'infradiciano, e frequentemente occorre di rinnovarli. Pei quali motivi fu stimato utile in Francia, siccome vien riferito dal Gauthey (1), d'escludere i pavimenti dai ponti di legname, e di sostituirvi un secondo suolo di tavoloni posti per traverso, e chiodati sulla coperta, come apparisce nella fig. 146; il quale quando è divenuto logoro si rinnova più speditamente, e con minore dispendio di quello che si richiederebbe per rinnovar la coperta, dovendosi disfare e ricostruire un soprapposto pavimento. Sembra per altro che possa giustamente dubitarsi della convenienza dell'indicato cambiamento, essendo indubitato che in più breve tempo si deve logorare un suolo di tavoloni esposto immediatamente al roteggio e all'intemperie, di quello che basta perchè s'infradici la coperta sotto un pavimento; ed essendo da temersi che la coperta medesima sotto un semplice letto di tavole venga ad alterarsi non più tardi che sotto un pavimento, attesa l'umidità che dai tavoloni superiori e fra le loro commessure deve necessariamente insinuarsi nei tavoloni inferiori, nella lunga permanenza dell'acque pluviali e delle nevi sopra un suolo mancante di declivio.

(1) V. la sua opera nel luogo ultimamente citato.

CAPO XII.

DEI PONTI MOBILI.

§. 337. Abbiamo già accennato (§. 313) quali sono le circostanze dalle quali può derivare la necessità de' ponti *mobili*. La mobilità di essi dipende da meccanici artifizi di varia indole relativamente ai quali questa classe di ponti può suddividersi in due generi, cioè ponti *ambulanti*, e ponti *levatoi*. Ambulanti sono quei ponti che consistono in un palco ampio quanto basta per contenere una o due vetture, appoggiato ad una o a due barche riunite, il quale per mezzo d'opportuni meccanismi può essere spinto a traverso il fiume, e trasportare uomini, bestiami, e veicoli dall' una all'altra sponda. I ponti di questa sorta sono comunemente conosciuti sotto il nome di *passi* o *traghetti*; e volgarmente, nella Campagna romana, sono anche denominati *scaffe*. Ponti levatoi sono quelli che si estendono dall'una all' altra sponda d' un canale, o d' un fiume, e sono organizzati in modo da potersi all' occorrenza sollevare o tirare l' intero palco, o qualche porzione soltanto di esso, verso le ripe, sia per togliere ogni impedimento alla navigazione, sia per interrompere per via di terra la comunicazione fra le due riviere.

§. 338. Il palco d' un ponte ambulante, o vogliamo dire d' un traghetto, è formato di travi longitudinali assicurate ai bordi della barca o delle due barche unite, sulle quali travi è adattata una coperta di tavoloni. Oltre l' ordinario mezzo dei remi, il quale richiede l' impiego di più persone, e troppa perdita di tempo, varii sono gli artifici usitati affinchè il traghetto possa essere respinto con facilità da una riva all' altra. Se il fiume ha una larghezza non maggiore di m. 200, e le sponde sono poco elevate sul pelo ordinario dell' acqua, il movimento del traghetto è ordinariamente affidato al seguente artificio. Sulle due opposte sponde si piantano due robusti capi saldi, uno dirimpetto all' altro, e si tende dall' uno all' altro di essi un canapo orizzontale. Si guernisce uno dei fianchi del traghetto di due alberi verticali fermati nei fondi delle barche, e si colloca il traghetto in modo che questi due alberi vengano ritenuti dal canapo, onde il ponte non abbia ad essere trasportato in giù dalla forza della corrente. A ciascuno dei detti alberi è applicato dalla parte del canapo un cilindro mobile intorno ad un asse verticale, lungo quanto basta acciocchè possa trovarsi sempre appoggiato al canapo, mentre il traghetto si alza e si abbassa per l'ordinarie variazioni del pelo dell'acqua. Ciò posto, facilmente può comprendersi come uno o più uomini, traendo il canapo in una o in un'altra direzione, possano far sì che il traghetto traversando il fiume si accosti all'una o all' altra delle sponde.

Che se le due sponde sono più alte di molto del pelo ordinario del fiume, sempre che la larghezza di questo non oltrepassi il già indicato limite, può servire lo stesso meccanismo che abbiam descritto con questa semplice variazione: che il canapo sia infilato in una troclea scorrevole lungo il medesimo: la quale faccia le veci degli alberi verticali, e trattenga il traghetto mediante una fune di qualche lunghezza legata ad una piccola antenna stabilita verticalmente nella prua della barca che sostiene il tavolato. In questo caso non abbisogna la forza dell'uomo per sospingere

il ponte o da una parte o dall'altra, ma il solo impulso dell'acqua basta a far muovere la barca verso l'una o verso l'altra sponda, purchè sia regolato il timone in modo che il fianco della barca medesima riceva con opportuna direzione l'urto della corrente.

Nei fiumi di più ampia sezione non sarebbe possibile di tendere un canapo trasversale, e convien perciò ricorrere ad altro espediente. Si stabilisce un buon capo saldo nella ripa o nel fondo del fiume in un punto superiore alla sezione in cui vuol collocarsi il traghetto, e distante dalla medesima almeno il triplo della larghezza del fiume. A questo capo saldo si attacca una fune, la quale con l'altra estremità si attiene al traghetto, ed è sostenuta in varii punti della lunga sua tirata da piccoli battelli. E null'altro occorre affinchè il traghetto, con l'opportuno regolamento del timone, possa per la semplice forza della corrente trasportarsi avanti e indietro dall'una all'opposta sponda. Tale è il metodo praticato ordinariamente nei traghetti posti lungo il Po.

§. 339. La mobilità dei ponti levatoi dipende da opportuni artifizi, pei quali il palco può essere levato, e rimesso a suo luogo mediante un movimento di rotazione, o di traslazione. La varietà di tali artifizi produce le diverse specie di ponti levatoi; e sono le seguenti.

1.° Ponti levatoi nei quali il palco si move intorno ad un asse orizzontale, situato in una delle sue estremità. Questi sono i ponti levatoi che così comunemente son chiamati.

2.° Ponti levatoi mobili intorno ad un asse orizzontale che trovasi in un punto intermedio del tavolato. A questi si dà il nome di ponti in bilico.

3.° Ponti levatoi che hanno il palco mobile intorno ad un asse verticale, e diconsi ponti *giranti*.

4.° Ponti levatoi nei quali il palco può per un semplice movimento di traslazione esser tirato sulla ripa, e risospinto a suo luogo; e questi si denominano ponti *scorritoi*.

Esaminiamo brevemente ad una ad una queste diverse specie.

§. 340. La forma ordinaria dei ponti levatoi è generalmente nota. Il palco $p\,q$ (fig. 148) mobile intorno all'asse orizzontale q, è annesso per mezzo di due catene $m\,p$ al bilico superiore $m\,n$, sostenuto da due colonne $c\,q$, e mobile intorno all'asse orizzontale c; e quindi può essere sollevato ed abbassato secondo che vien tirata a basso o spinta in alto l'estremità n, o sia la *coda* del bilico. Per lo spedito e sicuro maneggio del ponte è necessario che il sistema si trovi equilibrato in qualunque posizione del palco e del bilico; e questa condizione resta adempiuta le quante volte il quadrilatero $m\,p\,q\,c$ sia un parallelogrammo, ed alla coda n del bilico sia applicato un giusto contrappeso (1). Se la lunghezza del tavolato non è maggiore di m. 3, non è d'uopo di renderne molto pesante la struttura, affinchè esso sia forte quanto è necessario per reggere i carichi che debbono passarvi sopra. Ma quando la lunghezza del palco superasse l'indicato limite, sarebbe indispensabile di moltiplicare il numero, e di accrescere la riquadratura delle travi che lo compongono, per lo che il suo peso diverrebbe notabile ed esigerebbe un proporzionato contrappeso nel bilico, e quindi gli attriti crescerebbero a segno che il movimento della macchina

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d' Idraulica.* — Vol. I, lib. V, cap. III.

non potrebbe succedere che con istento. In vece dunque d'ingravire il palco gioverà piuttosto in questo caso di rinforzarlo con un sottoposto saettone *s*, congegnato in guisa, che sollevandosi il palco si sollevi esso pure, rotando intorno alla sua estremità superiore, e scorrendo con l'estremità inferiore lungo il muro laterale entro un incastro di ferro, che gl' impedisca di scostarsi dallo stesso muro; e abbassandosi il palco discenda anche il saettone rotando, e scorrendo rispettivamente le sue estremità in senso contrario; finchè quando il palco è totalmente calato, il piede del saettone medesimo si trovi appoggiato ad un'imposta, che gl' impedisca di scorrer oltre all' ingiù.

§. 341. Alle porte delle fortezze, ed anche in taluni altri casi, il bilico del ponte levatoio potrebb'essere d'imbarazzo e quindi converrebbe sostituirvi qualche altro meccanismo per poter sollevare ed abbassare il palco secondo il bisogno. Due ne indicheremo che possono ugualmente servire al divisato scopo.

Il primo è quello descritto dal Belidor (1), e che dicesi messo in opera alle porte d' un piccolo castello della Francia presso la Fère. L'estremità del tavolato è appesa a due catene, le quali si fanno passare sopra due troclee a traverso il muro, o per le sommità di due colonne verticali stabilite al di qua e al di là dell' asse di rotazione, e di cui si caricano l'estremità con due contrappesi obbligati a discendere e a salire lungo due archi uguali d' una curva denominata *sinusoide*, per la natura della quale, i contrappesi, in qualunque punto si trovino, alzandosi o calandosi il palco, mantengono costantemente in equilibrio il sistema.

L' altro meccanismo è quello che fu adoperato, come ci fa sapere il Gauthey (2), in un ponte levatoio fatto dal Capitano del Genio Héré a Neuf-Brisach. Un braccio verticale *b* (fig. 149) è infisso al palco nell' estremità dell' asse di rotazione, il quale è posto in movimento mediante una catena *c* sostenuta sull' estremità de' raggi *r*, *r*, *r*, uniti dalle spranghe *l*, *l*, *l*, fatte di due pezzi che possono stringersi ed allargarsi come i bracci d' un compasso. Tali spranghe, quando il ponte è alzato, si ricoverano in apposite incassature fatte nei raggi, che in questo stato del sistema si trovano tutti raccolti uno presso l'altro.

§. 342. I ponti in bilico hanno il palco tagliato in due parti dall' asse di rotazione (§. 339), il quale è sostenuto dai fianchi d' una testata di muro vuota nel mezzo. Allorchè si solleva la parte anteriore o sia il *risalto* del palco, che corrisponde sul canale, la parte posteriore o sia la *coda* che è verso terra, scende a riporsi nel *vuoto* della testata. Per la facilità del movimento è necessario che l' asse della rotazione passi pel centro di gravità del tavolato; e siccome per un' altra parte per lo più torna conto di fare la coda più corta del risalto per risparmio di sito e di spesa, così fa d' uopo d' aggiungere alla coda un proporzionato contrappeso. Fissato il punto a cui il contrappeso dovrà essere applicato, e determinati i pesi della coda e del risalto del tavolato, e le distanze de' rispettivi centri di gravità dal piano verticale in cui si vuol situare l' asse di rotazione, si potrà facilmente determinare per mezzo dei teoremi statici sul centro delle

(1) *Science des Ingenieurs.* — Lib. IV, cap. V.
(2) *Traité de la construction des ponts.* — Lib. III, cap. IV.

forze parallele, e la distanza del centro di gravità del sistema, e quindi dell' asse di rotazione da un qualunque dato piano orizzontale, e il valore del contrappeso da applicarsi alla coda nel fissato punto (1). Talvolta si forma il ponte di due bilici appoggiati uno dirimpetto all' altro sulle due sponde, e che si riuniscono sul mezzo del canale quando sono calati, appoggiandosi l' uno all' altro in modo che fanno al disotto un angolo ottusissimo. Questa disposizione favorisce la solidità del sistema, poichè mette a profitto oltre la resistenza rispettiva anche la resistenza assoluta negativa delle travi, che compongono i palchi dei due bilici.

§. 343. La fig. 150 rappresenta la metà d' uno dei ponti in bilico fatti costruire in Francia da Girard sul canale dell' Ourcq. L' artifizio impiegato dallo stesso Girard per comunicare al palco il movimento rotatorio, consiste in un quadrante di ferro *c* verticalmente applicato ad un fianco del palco, il quale ha il suo centro nell' asse del bilico, uno de' suoi lati in posizione orizzontale, e quindi l' altro in positura verticale, ed è dentato nella sua convessità circolare. Un rocchetto di ferro, sostenuto da un'adattata armatura anch' essa di ferro, è situato in *a*, in guisa che girando intorno ad un asse orizzontale, e parallelo all' asse del bilico, i suoi denti ingranano in quelli del quadrante, e si eccita quindi in questo, e nell' annesso palco il ricercato moto rotatorio. Il rocchetto si pone in movimento da un uomo col meccanismo d' una manovella, la quale girata in un senso o in un altro fa sì che il ponte si solleva o si abbassa secondo l' occorrenza. L' estremità della coda è sostenuta da un cavalletto *e o* mobile intorno ad un asse orizzontale *o*, con la sua sommità *e* ritenuta da un battente fatto a bella posta nel disotto del tavolato. Quando si vuol sollevare il palco si scansa questo cavalletto tirandolo indietro mediante la spranga di ferro *s*, che ad esso è connessa. Un altro cavalletto inclinato *m n*, in forma di saettone serve di rinforzo al risalto del tavolato. Questo cavalletto è appoggiato ad un' imposta nella fronte della testata; è sostenuto da due bracciuoli di ferro *r* attaccati ai fianchi del palco: e la sua sommità è accostata ad un battente formato da una traversa infissa nel disotto del tavolato. Ciascuno dei bracciuoli *r* è girevole nelle due estremità, in modo che sollevandosi il tavolato il cavalletto si alza, e viene ad avvicinarsi alla testata; e quando il palco si abbassa, il cavalletto discende, e va a riprendere la posizione da prima indicata.

§. 344. I ponti in bilico, siccome pure i ponti levatoi della prima specie (§. 340, 341) hanno il difetto d' impedire il passo lungo la sponda agli uomini e alle bestie impiegate nel tiro delle barche. Tale difetto è stato evitato da Lamblardie in un ponte in bilico di suo particolare artifizio costrutto all' Hâvre sopra un canale largo m. 13,64. Il palco del ponte invece di girare sopra due cardini orizzontali, come nei ponti del canale dell' Ourcq, concepisce nello stesso tempo un movimento di rotazione, ed un altro di traslazione insieme con un quarto di ruota dentata *u* (fig. 151) connesso al tavolato, i di cui denti ingranano nei solchi d' alcune spranghe dentate *s* giacenti sulla sommità della testata. Così il palco

(1) Ventoroli. — *Elementi di Meccanica e d'Idraulica.* — Vol. I, Lib. I, cap. VI.
Girard. — *Devis des ponts à bascule à construire sur le canal de l'Ourcq.* — Paris 1808. Appendice I.

nel sollevarsi si ritira alquanto entro la sponda, e lascia libero il passo pei bisogni del tiro delle barche. Il meccanismo, per mezzo del quale s' imprime il moto al palco, consiste in una semplice fune perpetua *f*, che afferra l' estremità della coda del palco, e si ravvolge alla troclea *t*, e ad un verricello *v* situato accanto al ponte; la quale secondo che vien tratta all' insù, ovvero all' ingiù costringe il palco ad alzarsi, ovvero ad abbassarsi. Accomodando le cose in modo che l' asse del cilindro dentato *u* passi pel centro di gravità del sistema, questo centro sarà costantemente in un medesimo piano orizzontale, e quindi il sistema sarà equilibrato in qualunque posizione del palco. Per lo che a movere il ponte basta una piccola forza capace di vincere il semplice attrito, che per la natura del meccanismo è, come ben si vede, un attrito del secondo genere.

§. 345. Havvi ne' ponti in bilico finora descritti un notabile inconveniente, ed è che il risalto del palco non si appoggia sul cavalletto se non che quando è calato, e rimane abbandonato al proprio peso in tutte l'altre sue posizioni. Va esente da questo difetto un ponte di nuovo artifizio ideato da Letellier, di cui Gauthey ci fa una breve descrizione. La sommità *e* (fig. 152) del cavalletto *c e* sta annessa al tavolato nello stesso modo che dicemmo pel ponte levatoio della prima specie (§. 340); ed il suo piede *c* è appoggiato ad un' imposta nella testata, e ritenutovi come nei ponti di Girard, e di Lamblardie (§. 343, 344): onde lo stesso cavalletto può girare intorno a due assi orizzontali situati alle sue due estremità. Gli estremi dell' asse del tavolato sono infilati in due rotelle *o*, che possono discendere e risalire per entro due solchi curvilinei *m m* formati uno dirimpetto all' altro nei fianchi della cavità della testata. Così nel movimento ascensionale o discensionale del palco, il suo asse, mantenendosi costantemente orizzontale, cangia continuamente di posizione percorrendo la curva *m m*, ed il risalto si trova incessantemente sostenuto dal cavalletto *c e*. La speditezza, e la regolarità del movimento richiedono che alla coda del palco sia applicato un contrappeso tale che il suo momento, relativamente ad un piano verticale condotto per l' asse *c* di rotazione, sia uguale al momento del peso del risalto e del cavalletto relativamente al medesimo piano; e che la curva *m m* sia determinata in modo che in qualunque posizione del palco si mantengano uguali gli accennati momenti; e quindi il sistema si trovi sempre equilibrato. L' equazione d' una curva che sia dotata di questa proprietà meccanica può facilmente ottenersi, e risulta dell' ordine quarto.

In generale i ponti in bilico hanno in sè altri inevitabili inconvenienti, pei quali in alcune circostanze se ne può rendere improprio l' uso. Impediscono essi, quando sono alzati, il passo lungo la sponda come fu avvertito dei ponti levatoi (§. 341); il che riesce di ritardo alla navigazione: esigono un tavolato molto più lungo della larghezza del canale sul quale debbono stabilirsi; e richiedono assai grosse testate attesa la necessità del vuoto (§. 342) che deve servir di ricovero alla coda del palco, allorchè si solleva il ponte; pei quali motivi la loro costruzione è di molto dispendio: oltre di che è ben difficile in alcuni casi d'impedire le filtrazioni dell' acqua nella cavità della testata; e quindi può accadere che la coda del tavolato sia soggetta ad inzupparsi tutte le volte che vi discende, e che il legname di cui è composta per l' umidità frequentemente contratta venga

ben presto ad alterarsi. Si aggiugne un altro difetto, che è comune a tutte due le specie di ponti levatoi fin qui considerate. I palchi di questi ponti, anche quando sono totalmente alzati, inclinano sempre alcun poco verso il canale, e quindi imbarazzano il passaggio di quei navigli i quali portano alberi guerniti di manovre, cioè di corde e di pennoni. Per lo che tali ponti mal si confanno a quei canali che sono frequentati da barche marittime, nei quali ordinariamente si fa uso di ponti giranti, o di ponti scorritoi, i quali, come apparirà in appresso, non producono l' indicato imbarazzo.

§. 346. Nei ponti giranti, il palco si move rotando sopra un perno, o sia intorno ad un asse verticale che passa pel centro di gravità del palco medesimo. Affinchè, quando si ritira il ponte, rimanga tutta libera la larghezza del canale è d' uopo evidentemente che l' asse di rotazione si trovi a una distanza dal ciglio della testata per lo meno uguale alla metà della larghezza del tavolato; e quindi se si vuole che il risalto e la coda del palco abbiano uguali lunghezze, o sia che il perno divida per metà la lunghezza del palco, è chiaro che questa deve farsi uguale al doppio della larghezza del canale, più la semplice larghezza del ponte. Il Belidor (1) ne dà la più circostanziata descrizione d' un ponte di questa specie stabilito al porto di Cherbourg fra due testate distanti l' una dall' altra m. 13. Il ponte era formato di due palchi giranti che si venivano a congiungere nel mezzo del canale, e si ritiravano l' uno sull' una e l' altro sull' altra testata. Il tavolato era largo m. 3,73, il risalto di ciascuna parte era lungo m. 8,37, e ciascheduna coda aveva la lunghezza di m. 4,63. Il palco era sostenuto da appoggi ammovibili, i quali si abbassavano quando dovevasi ritirare il ponte; e durante il movimento si appoggiava alle rotelle *r r*, (fig. 153) che scorrevano sulla superficie orizzontale d' un cerchione di ferro che vedesi indicato con una doppia punteggiatura circolare nella proiezione orizzontale del ponte (fig. 154). L' estremità della coda chiusa in un incavo circolare *c* era da questo ritenuta onde non potesse sollevarsi, e per mezzo di rotelle *o o* mentre scorreva per entro a tal incavo s' appoggiava al battente superiore, o al battente inferiore del medesimo, a seconda che prevaleva il peso del risalto su quello della coda, o viceversa. L' estremità dei due risalti erano formate in modo che si venivano ad incastrare l' una nell' altra, come vedesi nelle figure: ed acciocchè tal incastro non avesse ad opporre un forte attrito quando si doveva ritirare il ponte, la linea di congiunzione delle stesse estremità era un arco circolare avente il suo centro a fianco dell' asse di rotazione verso M, in modo che mentre rotava la parte A del ponte, quella cioè che aveva l' estremità convessa, e che doveva perciò essere ritirata per la prima, si veniva di mano in mano discostando dalla parte concava B, e quindi scemava rapidamente e ben presto svaniva ogni cagione d' attrito. Con un somigliante artifizio era evitato l' attrito dell' estremità della coda scorrente entro l' incavo *c*.

§. 347. Sebbene i tavolati del descritto ponte girante fossero sostenuti dalle unite sottotravi *s*, ed acquistassero forza per l' angolo che facevano nel loro concorso, tuttavia si è giustamente dubitato che potessero essere robusti a sufficienza per reggere il carico delle più pesanti vetture. Per la qual cosa pensò il De Cessart di rinforzare un ponte girante da lui fatto

(1) *Architecture hydraulique.* — Parte II, lib. IV, cap. X.

all' Hâvre (1), e poco dissimile dal precedente nel complesso della sua struttura, per mezzo di *falconi* F (fig. 155), i quali, quando fossero spiegati essendo disteso il palco, servissero d' appoggio alle due travi, sulle quali dovevano prossimamente scorrere le ruote delle vetture; e quando si ritirava il palco potessero accostarsi alla testata girando sopra degli assi verticali, e ricoverarsi in appositi cassettoni fatti nella fronte della testata medesima. Nella fig. 156 si conosce un diverso artifizio per sostenere il tavolato d' un ponte girante, che consiste nel saettone *m n* appoggiato ad un' imposta nella testata, e che può sollevarsi girando intorno alla sua sommità *m*. Questo si lascia calato finchè il ponte deve restare in esercizio, e si solleva mediante la fune *f* ravvolta ad un verricello opportunamente situato in *n*. Tale fu l' espediente adoperato da Lapeyre per un altro ponte girante da lui fatto costruire parimenti all' Hâvre. La catena *a c e*, la quale, sostenuta in *c* da un' armatura verticale di ferro annessa al fianco del palco, afferra con le sue estremità quelle del tavolato, offre una nuova maniera di sostenere il tavolato medesimo, la quale ha il vantaggio sull'altre che abbiamo indicate, di esercitare un' azione costante pel divisato effetto anche nell' atto che il ponte si move.

§. 348. L' abbandono in cui rimane il palco nell' atto della sua rotazione è uno svantaggio più valutabile nei ponti giranti che nei ponti in bilico, poichè mentre questi si movono, il peso del palco esercita contro la resistenza rispettiva delle travi che lo compongono un' azione variabile, sempre minore di quella massima, che ha luogo quando il palco è disteso; ma nei ponti giranti movendosi orizzontalmente il palco è sempre stimolato dalla medesima forza tanto quando è fermo al suo posto, quanto allorchè sta in moto. Perciò i falconi di De Cessart, i saettoni di Lapeyre, di cui abbiam fatto parola, ed altri espedienti proposti, non sono che imperfetti provvedimenti, poichè lasciano il palco senza sostegno mentre si move; ed i saettoni sono anzi dannosi, poichè aggiungono il loro peso a quello del tavolato, a cui unicamente s' attengono durante il movimento del ponte. E l' esperienza ha fatto costantemente vedere che in grazia del motivato inconveniente i palchi dei ponti giranti nel corso di pochi anni declinando dalla primitiva loro positura ed inarcandosene i membri, divengono pigri, e malagevoli ad esser mossi. Da un' altra parte, se si volesse preservare il palco da questi dannosi effetti formandolo di travi più grosse o più spesse di quelle che ordinariamente vi s' impiegano, si verrebbe ad accrescere soverchiamente il peso del sistema, onde aumentandosi gli attriti si renderebbe lento e difficoltoso il movimento del ponte; ed il perno e le rotelle, che mentre il palco è in moto ne debbono reggere tutto il peso, potrebbero per l' eccedenza del carico patire alterazioni tali che rendessero anche più stentato ed irregolare il movimento. Egli è forse per una eguale considerazione che non si trova commendato dagli scrittori l' uso delle catene, e che non se ne addita altro esempio oltre quello del precitato ponte di Lapeyre (§. 347).

§. 349. Il già menzionato De Cessart aveva concepito il disegno (2) d'un

(1) *V. Description des travaux hydrauliques de L. A. De Cessart.* — Tomo I, sez. III, art. IV.

(2) Opera precitata. — Tomo II, sez. V, artic. II.

ponte girante (fig. 157) sostenuto da piedi verticali appoggiati ad una platea di pietra fatta sul fondo del canale, e capaci di scorrere sulla stessa platea secondando il movimento rotatorio del tavolato; ed aveva proposto di costruire in tal modo i grandi ponti giranti, che occorrono sulle chiuse o sostegni dei porti a marea, che la Francia ha sulle coste della Manica e dell' Oceano, ove per l' ingresso delle navi d'alto bordo è necessaria fra i muri laterali, che debbono servir di testate ai ponti, una larghezza di presso a 18 metri. Divisava De Cessart di dividere, secondo il consueto, il ponte in due parti atte a congiungersi sul mezzo del canale, e a ripiegarsi separatamente accosto ai due muri laterali; e di suddividere ciascuna parte del tavolato in due falde staccate, le quali potessero unirsi sull' asse del ponte ed accostarsi, girando in senso opposto, alla fronte della testata una a destra e l' altra a sinistra. Ognuna di queste falde sarebbe ritenuta alla rispettiva testata da una colonna, o vogliam dire da un albero *a* girevole entro un collare superiore, ed intorno ad un perno inferiore, insieme col quale roterebbe la falda orizzontalmente, o per andare a comporre il ponte unitamente all' altre, o per venire a congiungersi alla testata. L' altra estremità di ciascuna falda sarebbe sostenuta da una coppia di colonne verticali *c* legate alla medesima con saettoni e con istaffe, e appoggiate alla platea per mezzo di quattro rotelle sferiche di bronzo del peso di chilog. 17 in 18 l' una, portate da uno zoccolo in forma di carretto, e destinate a scorrere sopra una piastra di rame saldata nella platea sulla traccia circolare del movimento, che concepirebbero le colonne nel giro della falda a cui sarebbero annesse. Per accostare le varie falde del ponte alle testate si potrebbe far uso di argani, o di verricelli, o di meccanismi d' altro genere: ma niuno ne occorrerebbe per far tornare le falde al loro posto, se, come prescrisse De Cessart, gli alberi rispettivi fossero fissati sopra perni eccentrici, e le piastre, sulle quali dovrebbero scorrere i carretti delle colonne, fossero stabilite con qualche inclinazione dalla testata verso il mezzo del ponte; perchè per tale disposizione una falda abbandonata a sè stessa tenderebbe spontaneamente a restituirsi al proprio posto. Nè vuolsi tacere l' uso delle botti vuote consigliato dallo stesso De Cessart per sostenere il peso del palco, e per agevolare il movimento delle sue parti; volendo esso che fosse una di tali botti fermata di fianco a ciascuna coppia di colonne *c* sotto il pelo magro dell' acqua, in modo che avesse a trovarsi totalmente sommersa anche nello stato più basso del mare.

Ingegnosamente senza dubbio è concepita l' esposta struttura, e non lascia nulla da desiderare per la maggior solidità d' un ponte girante. Ma Gauthey avvedutamente riflette che troppo lunghe riuscirebbero le manovre del movimento d' un ponte così conformato; e che dovrebbero temersi sensibili effetti dall' urto continuo dell' acqua contro l' ampia superficie delle colonne sorreggenti il tavolato, e dall' annesse botti. E questi forse sono i motivi pei quali niun ponte girante, che sia a nostra notizia, è stato costrutto secondo le riferite idee dell' espertissimo ingegnere francese.

§. 350. Abbiamo sul canale di Fiumicino, alla foce del Tevere, un ponte girante, il di cui tavolato, tutto unito dall' una all' altra sponda, è sostenuto da barche, e si fa rotare contro il corso del fiume intorno all' estremità del suo capo sinistro per accostarlo alla sponda del canale quando occorre di dare il passo ai bastimenti; lasciandolo dipoi in balìa della cor-

rente, la quale spingendolo a rotare intorno alla detta estremità lo trasporta di bel nuovo a traverso l' alveo del canale. Due sono i difetti di questo ponte. Il primo è che il ponte quando è ripiegato accosto alla sponda, ingombra tuttavia una parte dell' alveo; il che sebbene nel canale di Fiumicino non formi imbarazzo, attesa l' abbondante larghezza della sezione, e la piccolezza dei legni che frequentano il Tevere, potrebbe tuttavia divenire un ostacolo tale da impedire l' uso d' un ponte fatto nello stesso modo in qualche canale più angusto, e frequentato da più grossi bastimenti. L' altro difetto deriva dall' essere il palco sostenuto dalle sole barche, e quindi soggetto, se non altro, a sollevarsi e ad abbassarsi, a discrezione del fiume sul quale galleggia. Siccome per altro un ponte galleggiante potrebbe talvolta offerire un opportuno ripiego, preferibile in qualche circostanza ad ogni altra specie di ponte levatoio, così gioverà di far conoscere come possano togliersi i due accennati difetti, esponendo un artifizio ingegnosamente inventato da Lamblardie per la costruzione di un ponte galleggiante.

Si ponga a traverso il canale un barcone B B (fig. 158) fatto a bella posta, il quale ne occupi tutta la larghezza. A fianco della testata T si formi nella sponda un recesso largo quanto è largo il barcone, e di lunghezza uguale alla somma delle larghezze del barcone e del canale. In fondo a questo recesso si fissi nel fianco della testata un asse verticale A infilato nei due bracci di ferro *b*, *b* connessi alla sponda del barcone, il quale per tale meccanismo sarà in caso di potersi muovere e con moto verticale progressivo, e con moto orizzontale rotatorio intorno all' asse A; e potrà all' occorrenza esser tirato a ricoverarsi entro l' indicato recesso, lasciando tutta libera la larghezza del canale. Sieno le colonne C, C, C, ... infilate in appositi incastri a traverso il fondo e l' armatura interna del barcone, e semplicemente appoggiate ad una platea di pietra costrutta in fondo al canale; e sopra tali colonne sia stabilito il palco P P del ponte; il quale verrà così ad essere sostenuto non diversamente dai palchi dei ponti stabili a semplice impalcatura (§. 316). Alle colonne esteriori delle varie palate s' intendano applicati dei martinetti *m*, *m*, *m*, . . . dei quali facendosi scendere le verghe dentate, queste per mezzo dei risalti *c*, *c*, *c*, ... vadano ad appoggiarsi al barcone, il quale sollevando il palco e le colonne renderà tutto il sistema galleggiante. Allorchè dunque si vorrà ritirare il ponte basterà di renderlo galleggiante per mezzo dell' indicato meccanismo, e quindi spingerlo a ricoverarsi insieme col barcone nel recesso laterale; e con uguale facilità si potrà ricondurlo al suo posto, ove fermato mediante il chiavistello *h h*, si farà calare ad appoggiarsi alla platea, rialzando le verghe dentate per mezzo delle quali si trovava sostenuto dal barcone.

§. 351. Veniamo finalmente ai ponti scorritoi. Questi nella primiera loro struttura avevano l' estremità del palco appoggiata e connessa ad una colonna verticale, che accompagnava il palco, e lo sosteneva in tutte le sue posizioni, scorrendo sulla platea del ponte mediante una rotella di cui era guernita nel suo piede. Ma è ben da credersi che tutti i piccoli intoppi incontrati dal piede della colonna dovevano essere validi ad incagliare il movimento del ponte, e che le resistenze provenienti da tali intoppi, e dall' attrito della rotella dovevano rendere oltremodo instabile la connessione della colonna al tavolato. Per rimediare a questa imperfezione imma-

ginò il Lamblardie d' aggiugnere al tavolato, che prima in questa specie di ponti non si estendeva oltre la larghezza del canale, una coda C K (fig. 159), il di cui peso si equilibrasse con quello del risalto C H; onde il ponte per mantenersi orizzontale, quando non veniva aggravato dal carico di qualche vettura, non aveva bisogno di verun sostegno. Aggiunse per altro all' estremità del risalto un cavalletto H X appoggiato alla platea, e mobile intorno alla sua sommità, il quale in virtù d' un bracciuolo *b c* attaccato in *b* alla colonna per mezzo d' una semplice articolazione, e guernito di denti verso l' estremità *c*, e d' una rotella dentata *r*, che agiva sui denti del bracciuolo, poteva secondo l' occorrenza esser tenuta sospesa durante il movimento del tavolato, ed esser calata a posare sulla platea quando il palco era disteso sul canale. Il tavolato scorre sui curri orizzontali immobili *o*, *o*, *o* tirato avanti e indietro per mezzo d' una fune perpetua, che si ravvolge ad un arganetto, e a due troclee orizzontali attaccate alle due estremità della coda. Prima di ritirare il ponte è necessario d' abbassare il tavolato *morto* E F, il quale quando è alzato, come apparisce nella figura, forma un piano inclinato, per cui le vetture dal piano della strada ascendono sul ponte. Questo tavolato morto può salire e discendere rotando intorno all' estremo F pel semplice giuoco delle viti *v*.

§. 352. Nel descritto ponte scorritoio la mobilità dipende da una manovra assai facile, e sparisce quell' imperfezione, che fu avvertita nei primi ponti della medesima specie. Non va tuttavia neppur esso esente da qualche difetto; ed uno se ne scorge nella necessità d' una coda che accresce quasi del doppio la lunghezza del tavolato; un altro nell' abbandono in cui rimane il palco nell' atto del suo movimento per la sospensione del cavalletto H X, il quale in questo stato di cose sopraggiugne il proprio peso a quello del tavolato, ed accresce la causa da cui può temersi che resti coll' andar del tempo fiaccata la resistenza delle travi del ponte. Si è tentato in varii modi d'evitare anche questi inconvenienti; sebbene il secondo dia molto meno da temere in questa specie di ponti levatoi che negli altri, attesochè il risalto del palco solo nei primi o negli ultimi istanti del movimento, secondo che vien ritirato sulla sponda, o sospinto sul canale si trova totalmente abbandonato, e nel progresso del suo scorrimento si appoggia di mano in mano più o meno sui curri *o*, *o*, *o*. A sentimento di Gauthey, dall' opera del quale abbiamo attinto la massima parte delle cose raccolte in questo capitolo (1), fra gli artifizi immaginati pel perfezionamento dei ponti scorritoi il più soddisfacente si è quello proposto da Pattu, come vedesi rappresentato nella fig. 160.

Il tavolato del ponte, il quale non è più lungo della larghezza del canale se non che quanto basta affinchè possa appoggiarsi sulla testata con l' estremità Z guernita di due rotelle laterali, ha l' altra estremità sostenuta da un cavalletto obliquo M N mobile intorno ad un asse orizzontale in M. Questo cavalletto, che col suo piede si appoggia alla fronte della testata, è ritenuto da due bracciuoli laterali di ferro *e u*, ciascuno dei quali è attaccato in *u* al cavalletto mediante una semplice articolazione, ed è fermato alla testata in *e* con un' altra articolazione. Di più da ciascuna parte del ponte una spranga verticale di ferro *o o*, scorrevole entro alcuni anelli

(1) *Traité de la Construction des ponts.* — Lib. III, cap. IV.

fitti nella testata, è con un' altra articolazione congiunta al piede N del cavalletto; ed ha la sommità tagliata a vite, in guisa che per mezzo d' una madrevite può fermarsi sull' ultimo anello superiore, onde rendere così invariabile la forma del sistema sotto l' azione di qualunque carico percorrente il palco. Tale è lo stato in cui si conservano le cose finchè si vuol ritenere il ponte al suo posto. Quando poi occorre di ritirarlo si comincia dal liberare la spranga $o\ o$, togliendo la madrevite che la rendeva immobile, e quindi per mezzo di viti o di martinetti, apparecchiati a tal uopo, si solleva l' estremità Z del tavolato, quanto basta acciocchè le rotelle laterali, sieno al punto d' imboccare nei canaletti $a\ b$, entro i quali debbono scorrere; dopo di che col semplice meccanismo d' una fune perpetua congegnata come nel ponte di Lamblardie (§. 351), si tira addietro il ponte e si risospinge al suo posto quando è cessato il bisogno di aver libero il canale, ovvero il motivo d' impedire l' accesso dall' una all' altra sponda. Egli è chiaro che nel movimento del ponte variano ad ogni istante l' angolo $M\,u\,e$ fatto dal cavalletto col bracciuolo, e la posizione dell' estremo N del cavalletto sulla fronte della testata, ove scorre mediante alcune rotelle; e che per altro in tutte le posizioni il tavolato è sostenuto dal cavalletto M N, il che era appunto ciò che si cercava.

La manovra del movimento di questo ponte può rendersi più semplice e più spedita per mezzo dell' artifizio ideato da Mayniel di collocare sotto ciascuna delle rotelle laterali una leva solcata messa in bilico, la quale quando il palco è al suo posto stia nella posizione inclinata $p\,q$ (fig. 161). Volendo ritirare il palco si spingerà abbasso l' estremità q; e si porterà la leva nella positura orizzontale $p'\,q'$, sollevando così l' estremità del palco a livello della strada, come è necessario affinchè possa essere tirato indietro, scorrendo le sue rotelle nei rispettivi solchi delle leve. E quando il ponte si sarà rimesso al suo sito, non si avrà che da liberare l' estremità q' d' ambe le leve, ed il semplice peso del palco basterà a far tornare il ponte in posizione orizzontale, e le leve nella primiera posizione obliqua $p\,q$.

§. 353. Acciocchè il sistema sia disposto a concepire quel regolato movimento che abbiamo descritto, è necessario che sia opportunamente stabilita la lunghezza del bracciuolo $e\,u$ (fig. 160). Si avverta che mentre il palco è al suo posto, giace orizzontalmente, e quindi supponendo verticale la fronte della testata, sarà $M\,e\,N$ un triangolo rettangolo. Deve poi il palco essere orizzontale anche allorchè è compiutamente ritirato, nel qual caso il cavalletto M N, ed il bracciuolo $e\,u$ coincidono in una medesima verticale lungo la fronte della testata; laonde è manifesto che la porzione $M\,u$ della lunghezza del cavalletto vuol essere necessariamente tanto più lunga del bracciuolo $e\,u$ quanta è l' altezza, o sia la grossezza del palco. Ciò posto, chiamando a la lunghezza viva $M\,e$ del palco, b la grossezza del medesimo, x la lunghezza M N del cavalletto, e z quella del bracciuolo $e\,u$, con semplici considerazioni geometriche si potrà facilmente trovare che dev' essere $z = \frac{(a^2 - b2)\,x}{2\,(a^2 - b\,x)}$.

Rimane arbitraria, come ben si vede, la lunghezza x del cavalletto. Ma avvedutamente venne da Pattu vincolato il sistema ad un' altra interessante condizione, volendo che il movimento del ponte abbia ad ottenersi con la minima forza che sia possibile: e che perciò in tutti i periodi del

movimento si mantenga uguale a zero la pressione dell'estremità N del cavalletto contro la fronte della testata; onde così le rotelle annesse alla medesima estremità possono scorrere su e giù lungo il muro senzo provare il menomo attrito. Ora se si consideri che il peso del palco, e quello del cavalletto producono due conati verticali uno in M, l'altro in u, i quali possono facilmente determinarsi, dati che sieno quei pesi, e le varie dimensioni del sistema, non si tarderà a comprendere che l' accennata pressione sarà effettivamente nulla qualora il momento del conato che agisce in M, e quello del conato che stimola il punto u, presi relativamente al punto e, siano costantemente uguali fra loro. Quindi supponendo date le riquadrature dai varii membri componenti il cavalletto M N, la lunghezza di questo dovrà essere determinata in modo che per l'adempimento dell' esposta condizione venga a rendersi di massima facilità il movimento del ponte.

CAPO XIII.

DELLE CHIUSE E DELLE DIGHE DI LEGNAME

§. 354. Sotto la denominazione generale di *chiusa* vogliamo intendere qualunque edifizio fatto attraverso l' alveo, ovvero allo sbocco d'un fiume o di un canale, per soprattenere il corso dell' acqua, costringendola ad un regolato sistema corrispondente a qualche divisato effetto; sia per correggere la soverchia pendenza del fondo, e preservare dai dirupamenti le ripe; sia per la bonificazione, o per l'irrigazione di qualche circondario; o per vantaggio della navigazione; o per lo scopo d'animare mulini ed altre sorta di macchine: ovvero, finalmente, per liberare qualche canale del rigurgito delle piene del suo recipiente. Si distinguono le chiuse in *stabili* ed *ammovibili*. Le prime sono invariabili nella loro posizione e nel loro effetto; le seconde sono stabilite in modo da potersi togliere e rimettere secondo il bisogno.

§. 355. Le chiuse stabili di maggiore importanza sono quelle che si fanno onde l'acque ordinarie d'un fiume si fermino, e s'inalzino nel tronco superiore in modo tale, che possano essere divertite lateralmente in un canale artefatto, che dicesi *diversivo*. Queste chiuse sono anche conosciute sotto i nomi di *cateratte*, *stramazzi* o *pescaie*. Qualunque possa essere la materiale loro struttura, nello stabilimento di esse occorrono alcuni generali avvertenze, affinchè ne sieno convenientemente determinate la posizione e la figura.

1.° Pel collocamento della chiusa si scelga un punto ove l'alveo sia stabilito, e le sponde sieno solide, e non minacciate dalla corrente.

2.° L' edifizio presenti alla corrente una faccia inclinata, che ne riceva obliquamente l' urto. I Pratici stabiliscono, che la chiusa da quella parte appunto che viene investita dalla corrente, e che dicesi il *petto*, debba aver la scarpa d' un metro, o almeno di mezzo metro di base per ogni metro d' altezza.

3.° Dalla parte opposta è molto maggiore il bisogno della scarpa affinchè l'acqua che sormonta la chiusa, cadendo troppo violentemente, non abbia da formare nell' alveo sotto lo stramazzo un profondo gorgo, che ponga in compromesso la stabilità della fabbrica. Si chiama anzi specialmente questa

parte la *scarpa* della chiusa, e se le assegna il due, il tre, e infino il cinque di base per uno d'altezza.

4.° La larghezza della chiusa in sommità non sia minore di quanto si richiede affinchè la fabbrica sia capace di resistere alla pressione ed all'urto del fiume; per lo che dovranno consultarsi le formole idrodinamiche intorno alla stabilità de' ripari opposti all'urto della corrente (1).

5.° Le estremità della chiusa sieno sostenute da robuste testate internate nelle sponde laterali, in modo da poter esser sicuri che la corrente facendosi strada di fianco, non abbia a rendere inutile l'edifizio.

6.° L'altezza sia opportunamente determinata affinchè la chiusa possa trattener l'acque ordinarie del fiume quanto basta per mantenere nel diversivo quella costante altezza d'acqua, che è necessaria per gli usi e per gli effetti divisati; e lasci trascorrere nell'alveo inferiore l'acque soprabbondanti.

7.° La sommità o soglia superiore delle chiuse giova che non sia orizzontale, ma alcun poco inclinata verso la bocca, o sia l'incile del diversivo, onde il corso dell'acqua si mantenga da questa parte, ed il fondo del fiume si conservi più basso della chiusa.

8.° E può essere anche utile di stabilire la chiusa obliquamente nell'alveo del fiume in modo che dalla parte dell'incile faccia un angolo acuto con la sponda, e tenda ad invitare il corso del fiume verso l'incile medesimo, e quindi a rendere più difficile l'alzamento del fondo presso la bocca del diversivo.

Le cinque prime condizioni appartengono alla stabilità della chiusa, le tre ultime tendono alla miglior costituzione dell'edificio per quanto concerne il pieno e durevole conseguimento del ricercato effetto della diversione dell'acqua.

§. 356. A tenore dell'esposte massime il profilo trasversale d'una chiusa è generalmente conforme al tipo B C D E (fig. 162), ove distinguonsi il corpo M C D N della chiusa, il petto B M C, e la scarpa D N E; mostrando la linea A G il profilo longitudinale del fondo del fiume. Le piccole chiuse nei torrenti che corrono fra i monti si costruiscono spesso con lavori di fascine e di ghiaia fermati sul fondo per mezzo di pali, a somiglianza dei lavori di rosta, dei quali si è parlato nel libro primo (§. 37); e sono comunemente conosciute sotto le denominazioni di *serre*, *traverse*, *parate*, o altre equivalenti. Per le grandi chiuse non dovrebbe propriamente ammettersi altra struttura che la murale, solo da questa potendosi ripromettere quella solidezza, e quella diuturnità, che si ricercano in questa sorta di opere. Tuttavia potendo talvolta accadere che o per sollecitare l'effetto, o o per altri ragionevoli motivi si riconosca utile o necessario di fabbricar piuttosto qualche chiusa di solo legname, non lasceremo di riferire il modo di ben regolarne la struttura conforme viene insegnato da alcuni autori di cose pratiche (2).

Il corpo C M N D della chiusa si compone di una fila non interrotta di grossi fusti o pali squadrati P P della riquadratura di m. 0,40 per lo

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d'Idraulica.* — Vol. II, lib. IV, cap. IV e V.
(1) Lambresagni. — *L'Idea del perfetto giudice d'argine.* — Cap. 24.
G. A. Alberti. *Istruzioni pratiche per l'Ingegnere civile.* Parte II, cap. XIII.

meno. Non dovendo questi resistere ad una pressione verticale, ma soltanto ad una spinta laterale, non importa che sieno battuti a rifiuto di maglio (§. 235 n.° 6); ma tuttavia, affinchè riescano saldi quanto è necessario nella loro posizione, importa che tanto almeno s'internino nel fondo quanto debbono sporgere sul medesimo. Le teste degli stessi pali formano il ciglio della chiusa con quel declivio che si sarà giudicato necessario verso l' incile (§. 355 n.° 7). Quindi e dalla parte dell'incile, e da quella della caduta si piantano nel letto del fiume altre file traversali di pali Q Q, Q Q.... R R, R R.... a distanza di circa un metro l'una dall' altra, le quali servono a formare il petto e la scarpa dell' edifizio. I pali di queste file secondarie non occorre che sieno a contatto l'uno dell'altro, come nella principale, ma possono porsi alla scambievole distanza d'un metro circa. L' altezza di ciascuna di queste file dev' esser tale, che dopo l'aggiunta degli altri membri che diremo, il petto e la scarpa corrispondano ai rispettivi prestabiliti declivi. Tutti i pali debbono esser fitti nel fondo almeno la metà di quanto son lunghi. Ciascuna fila è coronata d'un architrave o corrente *o*, *o*, *o* assicurato con lunghe caviglie di ferro sulle teste dei pali; avvertendo che tutti i correnti debbono essere nella parte di sopra tagliati obliquamente in modo, che adattando sui loro dorsi una coperta di tavoloni chiodati *a a a a*..., possa questa giacere con quella regolare inclinazione che si vuol dare al petto e alla scarpa della chiusa. Alla fila o palata principale P P, si unisce una traversa *u* alla medesima altezza del corrente *o* della prima palata R R della scarpa, per poter formare lungo il ciglio della chiusa una banchina o sia un ambulacro *c* praticabile nell'occorrenze di far de' ristauri all' edifizio. Si ricoprono di tavoloni anche il ciglio della chiusa, e quella parte posteriore della palata principale che resta fra il ciglio e la banchina. I puntelli *p* si aggiungono per rinforzo della palata principale.

L'interno del petto e della scarpa, prima di porre la coperta, si riempie con un' imbottitura di fascine, la quale si forma a strati alternativamente traversali e longitudinali, ognuno di essi dell' altezza di m. 0,25, ben calcati, ed assicurati per mezzo di robuste spranghe di legno poste orizzontalmente per lungo o per traverso, e chiodate ai pali. Di tali spranghe si formano tanti ordini quanti ne occorrono affinchè ne cada uno ad ogni terzo strato di fascine. Alla scarpa della chiusa è ben fatto d'aggiugnere una *controscarpa* EF, che con una inclinazione pressochè insensibile vada a confondersi col fondo del fiume in E, affinchè quando l'acqua comincia a scorrere sul fondo nudo, abbia già preso il suo corso poco meno che parallelo al fondo medesimo. La struttura della controscarpa non differisce da quella della scarpa e del petto, ed è composta essa pure di palate S, S, S, coronate da correnti *o*, *o*, *o*, sui quali giace la protrazione della coperta *a*, *a*, *a*... tutta formata di tavoloni della grossezza di m. 0,07, ben uniti fra loro costa a costa e congiunti l' uno all' estremità dell' altro sopra i correnti, i quali sono assicurati con chiodi, avvertendo, per maggior collegamento del sistema, che le giunture dei tavoloni non sieno in continuazione l'una dell'altra, ma vengano alternandosi sui varii correnti.

§. 357. Nelle chiuse ammovibili la parte propriamente tale è necessariamente di legname, e vien ritenuta da testate o pilastri laterali, che potrebbero farsi essi pure talvolta di legname, ma per maggior solidità si costruiscono generalmente di muro. Queste chiuse alcune volte occorrono di più vani,

che diconsi *luci*, *bocche*, ed anche *occhi;* ed in questi casi la fabbrica assume una forma analoga a quella d'un ponte di legname, ovvero d'opera murale, di cui ciascun vano può considerarsi come una chiusa semplice. Le chiuse ammovibili si costruiscono in forma di cateratte, ovvero di porte. Le prime si aprono e si chiudono scorrendo verticalmente su e giù entro due incastri o solchi verticali formati nei pilastri laterali; le seconde sono organizzate come le porte ordinarie, e si movono rotando sui loro cardini infissi alle testate.

§. 358. Le cateratte, che diconsi pure *saracinesche*, e più comunemente *paratoie*, sono ordinariamente composte d'un'armatura di tavoloni *a*, *a*, *a*... (fig. 163) di querce, di larice o d'altro legno resistente, uniti costa a costa a incanalatura e linguetta (§. 240 n.° 4), e collegati da tre ritti *r*, *r*, *r* sporgenti circa m. 0,40 sul lembo superiore *s s* della paratoia. I tavoloni si adoperano della grossezza di m. 0,07, e più secondo la larghezza della luce: ai ritti si assegna la larghezza di 14 in 18 centimetri, e la grossezza di 10 in 15. Questi sono assicurati ai tavoloni con caviglie di ferro ribadite. L'unione de'tavoloni riesce anche più solida se questi, come insegna l'Alberti (1), abbiano tutti uguali incanalature in ambe le coste, e quindi riuniti tutti con l'apposizione de'ritti, sia in ciascuno dei vani risultanti dal concorso di due incanalature in ognuna delle congiunzioni inserita a forza un'anima di pino, tagliata a misura del foro in cui deve penetrare. Tali sono le congiunzioni *c*, *c*, *c*... rappresentate nella figura. Gl'incastri o *gargami* verticali *i*, *i* formati nei pilastri laterali P P, entro i quali deve scorrere la cateratta, vogliono essere alcun poco più larghi della grossezza de' tavoloni, affinchè il movimento della paratoia possa succedere con maggior facilità. La profondità del gargame sarà per lo meno di m. 0,10. Si sollevano quando è d'uopo queste paratoie per mezzo d'una fune, o d'una catena, che afferra gli uncini *u*, *u* affissi al ritto di mezzo, ed è tirata col soccorso d'un arganetto superiore, a cui è ben fatto che sia annesso qualche meccanismo atto ad impedire la spontanea discesa della chiusa. Talvolta si è anche vantaggiosamente applicato all'aprimento e al chiudimento delle paratoie l'uso d'opportuni macchinismi a vite.

Tali sono generalmente la struttura ed i meccanismi che si osservano nelle cateratte di quelle chiuse che diconsi *chiaviche*, di cui si muniscono gli sbocchi degli scoli di campagna, e le bocche di derivazione aperte nelle sponde dei fiumi e dei canali per fini di vario genere; di quelle che chiamansi *paraporti*, e son richieste dal buon sistema de' canali regolati, e così di quelle che pongonsi agli emissari dei laghi pel regolato smaltimento delle loro acque. Ma per quelle chiuse che sono di straordinaria ampiezza di luce, e che debbono ritenere un corpo d'acqua di notabile altezza, non possono essere adattate simili cateratte, non tanto perchè riuscirebbero troppo deboli, quanto perchè ne diverrebbe difficilissimo, e forse impossibile il maneggio. Il più opportuno espediente per questi casi è quello delle così dette *travate*, specie di cateratte che si compongono di travi sciolte, le quali si pongono una sull'altra entro i gargami fino a formarne un sistema continuato, che riempia perfettamente la luce della chiusa. Le travi debbono essere squadrate, e spianate con la massima esattezza, affinchè possano com-

(1) Opera precitata. Parte II, cap. XII.

baciarsi bene una con l'altra, e scorrere senza difficoltà ne' gargami. Si calano esse ad una ad una, e si sollevano secondo il bisogno con l'aiuto d'opportune macchine, venendo afferrate per mezzo di funi o catene di cui l'estremità son guernite d'anelli, che si fanno appigliare a due rampini che sporgono verticalmente sul dorso di ciascuna trave, e si ricoverano in due incavi corrispondenti fatti nel disotto del contiguo trave superiore, onde non abbiano ad impedire il combaciamento scambievole delle travi. Abbiamo non rari esempi di chiuse regolate in siffatta guisa, e citasi specialmente quella della grande chiavica di Burano stabilita dal Guglielmini nella sponda sinistra del fiume Panaro presso Bondeno nel territorio ferrarese.

§. 359. Le porte sono specialmente adattate pel regolamento di quelle chiuse che occorrono lungo i canali navigabili, nelle quali l'ampiezza della luce non permette l'uso di paratoie ordinarie, e la speditezza della navigazione non sarebbe conciliabile con le lunghe manovre che si richiedono per l'armamento e pel disarmamento delle travate. Per far conoscere quali sieno generalmente la disposizione e il giuoco delle porte d'una chiusa ci gioveremo della fig. 164, in cui si rappresenta l'icnografia della chiusa inferiore d'uno de' sostegni del nuovo canale navigabile di Pavia (1). Le due porte P, P' girano intorno a due assi verticali situati in a, e in a', e nel movimento descrivono con le loro estremità gli archi di circolo $e\,e$ $e'\,e'$. Ciascuna porta quando è aperta, come la P', trovasi aderente al muro laterale M'M'; ed allorchè è chiusa, come la P, si appoggia ad un *controbattente* $b\,b$ rilevato sulla soglia della chiusa, il quale fa col muro M M un angolo minore di 90 gradi. Chiuse entrambe le porte, l'estremità loro si combaciano e s'appoggiano una con l'altra, ritenute al disotto dai due controbattenti $b\,b$, $b'\,b'$, i quali insieme formano ciò che dicesi la *capriata* della chiusa. Deriva da tale disposizione che quando l'acqua sarà stagnante ad uno stesso livello nel tronco X e nel tronco Z del canale, le porte della chiusa saranno in equilibrio in qualunque posizione, e potranno essere chiuse ed aperte a piacimento, solo che s'impieghi a moverle una forza che basti a vincere la resistenza del mezzo, e quella degli attriti. Ma se l'acqua correrà nel canale da X verso Z, trovando aperte le porte, le strascinerà a chiudersi, e chiuse che sieno le obbligherà a rimanervi per la pressione che eserciterà su di esse, tanto maggiore quanto più il livello dell'acqua del tronco X del canale si manterrà elevato sul livello del tronco Z. Accadendo poi che il livello dell'acqua in Z si elevasse, e venisse a superare il livello del tronco X, le porte verrebbero forzate ad aprirsi, e quindi a rimaner aperte finchè l'acqua durasse a correre da Z verso X.

§. 360. La facoltà che hanno le porte di chiudersi e di aprirsi spontaneamente, a seconda delle variazioni che accadono nel corso del canale, è un motivo di più per cui se ne rende utilissimo l'uso nelle chiuse de' canali navigabili; il che apparirà più chiaramente ove nel seguente libro parleremo de' sostegni. Ed è in oltre una prerogativa per la quale si rendono in singolar modo adattate a liberar i canali dal rigurgito delle piene dei loro recipienti, come ne abbiamo esempio nel canal naviglio di Bologna. Questo ha presso lo sbocco una chiusa armata di portoni che si aprono a

(1) Bruschetti. — *Istoria dei progetti e dell'opere per la navigazione interna del Milanese.* — Milano 1821. Tavola IV.

seconda del corso del canale, e quindi si mantengono aperti finchè il Reno, in cui fa capo il Naviglio, nello stato suo ordinario riceve l'acque del canale. Ma non sì tosto la piena del fiume s'innalza a rigurgitar nel Naviglio che i portoni sospinti dal corso retrogrado dell'acque si chiudono, e quindi non si riaprono finchè l'acqua del fiume non comincia ad abbassarsi sotto il livello dell'acqua interna del canale.

§. 361. Vediamo quale sia la struttura delle porte d'una chiusa, e quali gli arredi necessari pel loro movimento. Ciascuna porta è formata d'un'ossatura di travi, e d'un rivestimento di tavoloni posto da quella parte, verso la quale si apre la chiusa. L'ossatura è composta di cinque membri principali, cioè: due *ritti* C C, B B (fig. 165), dei quali il primo, in cui sono i cardini della rotazione, può dirsi *ritto cardinale* o *fuso* della porta; ed il secondo, lungo il quale le due porte si riuniscono allorchè son chiuse, può chiamarsi *ritto battente*: due membri orizzontali, uno dei quali, Z Z, congiunge l'estremità inferiori dei ritti, e può chiamarsi *battente inferiore* o *zoccolo*; l'altro S S unisce l'estremità superiori dei medesimi ritti, e potrebbe denominarsi *cimazio*: finalmente un *diagonale* D D, che collega il piede del ritto cardinale C C con la sommità del ritto battente B B. I due ritti, lo zoccolo, ed il cimazio sono essenziali per la forma della porta; il diagonale è di singolare importanza, mentre sostenendo l'estremità del cimazio S S, e la sommità del ritto battente B B, rende invariabile la forma del sistema. A concatenare solidamente i detti membri principali, e a sostenere il rivestimento di tavoloni, che va ad essi esternamente applicato, servono il ritto intermedio I I, e le traverse orizzontali T T, T T..., che compiono l'ossatura della porta in conformità della struttura adottata nei portoni della menzionata chiusa inferiore d'uno dei sostegni del canale di Pavia, a cui la nostra figura fedelmente corrisponde. Per altro non è lodevole l'uso del ritto intermedio I I; e assai miglior effetto per la solidità del sistema si ottiene per mezzo di traverse oblique poste parallelamente al diagonale D D, secondo gl'insegnamenti d'autorevoli scrittori (1), e a norma dei più classici esempi d'opere di questo genere. Le congiunzioni dei varii membri sono assicurate per mezzo d'opportuni incastri, di forti leghe, e di squadri di ferro, come apparisce nella figura. Il rivestimento di tavoloni non si pone a semplice contatto de' ritti principali, ma s'incassa ne' medesimi, i quali hanno appositamente i lembi tagliati a battente, conforme vien rappresentato nella figura 164. È necessario che i tavoloni abbiano le coste rifilate con la massima accuratezza, affinchè le congiunzioni riescano esatte, e non lascino spiragli, pei quali l'acqua possa trovar qualche adito.

§. 362. Il fuso C C è tagliato a semicircolo, onde nel girare possa mantenersi sempre a contatto d'un corrispondente incavo formato a bella posta nel fianco del pilastro, o sia nello stipite che serve di controbattente. Il ritto battente B B è tagliato obliquamente, come è necessario, affinchè le due estremità delle porte possano perfettamente combaciarsi nel piano verticale, che taglia per mezzo l'angolo della capriata. Si osserva che tali conformazioni del fuso e del ritto battente non producono mai un esatto combacia-

(1) Gauthey. — *Mémoires sur les canaux de navigation.* — Memoria II, parte II, §. III.
Sganzin. — *Programmes des leçons d'un cours de construction.* — Lez. XXVI.

mento e lasciano per conseguenza trapelare qualche quantità d'acqua al di là della chiusa; per lo che specialmente nelle chiuse di quei canali di navigazione, in cui la scarsezza dell'acqua obbliga a farne tutta la possibile economia, è utile il ripiego di tagliare i fusi delle porte, parte in arco di circolo, e parte a ugnatura, come fu praticato in Francia da Gauthey nelle porte dei sostegni pel canale detto del Centro; e sarebbe pur conveniente, secondo che avvertì lo stesso Gauthey, di far succedere il combaciamento de' ritti battenti sopra una superficie cilindrica, tagliando a tale effetto i ritti medesimi ad archi di circolo, uno convesso, l'altro concavo. Queste due utili modificazioni vedonsi indicate nella figura 166. Il controbattente della capriata è formato da due travi supine $b\,b$, $b'\,b'$ spalleggiate da una soglia di pietra Q Q rilevata sulla platea della chiusa, e legate alla medesima per mezzo d'opportune ferrature. Gioverebbe anche di formare di legname gli stipiti delle porte, perchè, come osserva il Gauthey, si avrebbe maggior facilità di tagliarli con aggiustatezza, onde potessero esser combaciati esattamente dai fusi; e si eviterebbe quella dispersione d'acqua, che succede ordinariamente nelle chiuse ai fianchi delle porte per l'imperfetto combaciamento dei fusi cogli stipiti di pietra o di muro. Sarebbe per altro d'uopo di fare una buona inzeppatura di lana o d'altra materia adattata fra gli stipiti di legno ed i muri a cui s'uniscono; e ciò per impedire che filtrando l'acqua per la commessura, non avesse ad incorrersi in un inconveniente dello stesso genere di quello che si vorrebbe evitare.

§. 363. In diverse maniere si formavano e si disponevano in addietro i cardini delle porte delle chiuse. In oggi si è generalmente riconosciuto che l'espediente più opportuno, specialmente per quanto concerne l'oggetto di minuire più che sia possibile gli attriti, si è quello di render mobile ciascuna porta intorno a due perni o *polici* di ferro sporgenti verticalmente, uno dalla sommità, e l'altro dal piede del fuso, dei quali l'inferiore possa girare entro una *ralla* di ferro fuso, che dicesi anche *piletta* o *lucerna*, e il superiore entro un collare, o anello di ferro denominato *spreggio*. Le ralle sono saldate nella platea della chiusa; gli spreggi sono sostenuti da opportuni guarnimenti di legname o di ferro assicurati saldamente nelle testate, o sia nei pilastri laterali della chiusa. In tal modo appunto sono sistemati i portoni de' sostegni del canale di Pavia rappresentati nelle già citate fig. 164, 165. I varii pezzi componenti i due cardini vedonsi disegnati separatamente in iscala tripla di quella delle figure, e sono: il police superiore E; lo spreggio di detto police H; la staffa F che serve a tener in registro il police medesimo, e che apparisce fermata sulla sommità del fuso in a e in a' alla figura 164; il police inferiore K; finalmente la ralla o piletta R entro cui deve girare questo secondo police, e la quale va fissata nella platea della chiusa, come vedesi in r alla fig. 165. La trave orizzontale V della riquadratura di m. 0,40 appoggiata sulle due testate in forma di catena porta incastrati gli spreggi H, e riceve la denominazione di *braga*. È questo il modo più semplice di fissare gli spreggi, ed insieme il più stabile; poichè i conati uguali e contrari che traggono in fuori i due polici superiori, finchè le porte non sono appoggiate l'una all'altra (1), non spingono la braga nè contro l'una nè contro l'altra testata, restando elisi dalla

(1) Venturoli - *Elementi di Meccanica e d'Idraulica.* — Vol. I, lib. I, cap. XVII.

resistenza assoluta negativa della braga medesima, e da quella esuberanza di forze che le testate oppongono nella direzione della loro lunghezza, ordinariamente notabile. Tuttavia nelle chiuse basse lungo i canali navigabili la braga potrebbe formare impedimento al passaggio delle barche, e quindi convien ricorrere ad altri espedienti. Per buona sorte quanto più bassa è la chiusa tanto è minore la forza con cui lo spreggio è tratto in fuori. Alle chiuse superiori ne' sostegni del canale ticinese si è adoperato il semplice artifizio d' una *crocera* composta di due travi orizzontali $m\,m$, $n\,n$ (fig. 167) incastrati insieme, e murati nel massiccio della testata, facendo sporgere in fuori il trave $n\,n$ quanto basta per infiggervi e assicurarvi lo spreggio della portina.

§. 364. Attesa la già veduta forma del controbattente inferiore, che dicesi capriata (§. 359), le due porte d' una chiusa si rinniscono formando un angolo saliente verso quella parte, da cui debbono sopportare l' urto e la pressione dell' acqua. È questa una vantaggiosissima disposizione, atteso che per essa l' urto dell' acqua, che viene ad investire le porte, si rende obliquo, e quindi agisce contro di esse meno gagliardamente che se fosse diretto; ma sopra tutto perchè le porte sostenendosi l' una con l' altra, i membri, che ne compongono l' ossatura (§. 361), trovansi appoggiati in ambedue l' estremità, e quindi la resistenza rispettiva di ciascuno di essi contro la pressione e contro l' urto dell' acqua diviene assai maggiore di quello che sarebbe, se una sola estremità ne fosse sostenuta; come appunto avverrebbe se le due porte si chiudessero in un medesimo piano verticale. Egli è vero che per tale disposizione si viene a mettere in esercizio contro la pressione e contro l' urto anche la resistenza assoluta negativa dei membri orizzontali ed obliqui componenti l' ossatura delle porte; ma è noto che cotesta specie di resistenza è in parità di circostanze notabilmente maggiore della rispettiva, e quindi assicurata questa, non vi è di che temere per parte di quella.

§. 365. Varii per altro sono gli effetti che derivano dall' accennata disposizione, a seconda che è maggiore o minore l' angolo della capriata, o sia l' angolo che fanno insieme le due porte allorchè vengono a combaciarsi. Facciamoci a dilucidare quest' importante articolo con un breve esame analitico.

Sia a la semilarghezza della chiusa, e chiamiamo e la metà dell'angolo della capriata. Sarà la lunghezza di ciascuna porta eguale ad $\frac{a}{sen.\ e}$, e siccome la pressione dell' acqua, essendo costante l' altezza, è proporzionale alla lunghezza della superficie premuta, così la spinta che ognuna delle due porte sentirà, allorchè saranno esse a contatto l'una dell' altra, potrà esprimersi con la formola $\frac{A}{sen.\ e}$, ponendo il coefficiente costante A uguale alla pressione che l' acqua eserciterebbe sulla porta se fosse sen. $e = 0$, vale a dire se l'angolo della capriata fosse di 180.° Si scorge dunque immediatamente che quanto è minore il seno dell' angolo e tanto maggiore è la pressione dell' acqua contro la porta, e tanto minore la resistenza rispettiva di questa per far fronte alla stessa pressione, poichè tale resistenza è reciprocamente proporzionale alla lunghezza della porta (§. 159). E si conclude che la sicurezza di questa, a riguardo della resistenza rispettiva, viene aumentandosi di mano in

mano che si accresce l' angolo dalla capriata. Da un' altra parte, siccome diminuendo l' angolo della capriata cresce la lunghezza di ciascuna porta, così diviene maggiore la difficoltà di maneggiarla, e perchè aumentandosi il suo peso si accresce la resistenza degli attriti, e perchè divenendone maggiore la superficie si fa maggiore anche la resistenza del mezzo. Quindi anche per questo motivo la costituzione d' una chiusa si rende più vantaggiosa a norma che è maggiore l' angolo della capriata.

§. 366. La pressione $\frac{A}{sen.\ e}$, che agisce nel mezzo di ciascuna porta può risolversi in due spinte applicate alle due estremità, cioè una al vertice della capriata, e l'altra all' asse dei cardini, perpendicolari entrambe, siccome la decomposta, al piano della porta; sarà ognuna di esse uguale ad $\frac{A}{2\ sen.\ e}$. Ora quella di tali spinte che agisce nel vertice della capriata si risolve in due forze: una perpendicolare all' asse della chiusa, cioè a quella linea che divide per metà l' angolo della capriata, e l' altra in direzione dell' asse medesimo. La prima di tali forze è $= \frac{A}{2\ tang.\ e}$, l'altra $= \frac{A}{2}$. Quindi si discopre che per effetto della pressione uguale e contemporanea dell' acqua sopra entrambe le porte, il sistema nella congiunzione di queste, o sia nel vertice della capriata è stimolato da quattro forze: due uguali ed opposte fra loro in direzione perpendicolare all' asse della chiusa, ognuna delle quali è espressa da $\frac{A}{2\ tang.\ e}$: e due parimente uguali fra loro, ma cospiranti in direzione dell' asse medesimo, ciascuna di valor costante, ed $= \frac{A}{2}$. Le prime due elidendosi scambievolmente non fanno che spingere una contro l'altra l' estremità delle due porte, e tenerle strettamente congiunte. L' altre due equivalenti ad una risultante uguale ad A si risolvono in due conati rivolti rispettivamente nelle direzioni delle due porte ognuno dei quali riesce $= \frac{A}{2\ cos.\ e}$. Da tali premesse nascono le seguenti deduzioni:

1.° Per l' effetto della pressione dell' acqua, o per qualunque impulso che agisca ugualmente contro entrambe le porte, il sistema di queste sarà in equilibrio, qualunque sia il valore dell' angolo della capriata. Ma se suppongasi che una delle due porte possa ricevere un urto particolare prodotto da qualsiasi causa, per essere sicuri dell' equilibrio, sarà d' uopo che l'angolo della capriata non sia maggiore di 90°; poichè se questo fosse acuto, potrebbe accadere, che qualche urto violento ricevuto soltanto da una delle due porte, combinandosi con le spinte comuni ad entrambe, producesse nella congiunzione di esse una risultante, la quale uscisse o da una parte o dall' altra fuori dell' angolo della capriata, e spingesse dall' indentro all' infuori; nel qual caso rimarrebbe inevitabilmente turbato l' equilibrio (1). Questa è la ragione per la quale l' angolo retto è il minimo che possa competere alla capriata d' una chiusa; come appunto fu avvertito da Belidor (2), da Lecchi (3), e da altri scrittori di costruzioni idrauliche.

(1). Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d' Idraulica.* — Vol. I, lib. I, cap. XX.
(2) *Architecture hydraulique.* — Parte II, lib. I, cap. V.
(3) *Trattato de' canali navigabili.* Cap. V, prop. III.

2.° Poichè, come si è osservato, le porte sono spinte una contro l'altra nelle loro estremità da due forze, ciascuna delle quali è $= \frac{A}{2\ tang.\ e}$, ne segue ch' esse saranno tanto più strettamente unite, e che tanto più sarà difficile che l'acqua possa insinuarsi per la congiunzione, quanto più sarà piccola la tangente dell' angolo *e*. Per questo riguardo sarà dunque migliore la condizione delle porte, a seconda che l' angolo della capriata sarà più prossimo ai 90.°

3.° La pressione $\frac{A}{2\ cos.\ e}$, che agisce contro la resistenza assoluta negativa di ciascuna porta, cresce evidentemente nella ragione di $\frac{1}{cos.\ e}$. D' altra parte essendo $\frac{a}{sen.\ e}$ la lunghezza della porta (§. 365), la resistenza assoluta negativa di questa va aumentandosi in ragione inversa del quadrato della medesima lunghezza (§. 164) e quindi in ragione diretta di $(sen.\ e)^2$. Ma siccome col crescere dell' angolo *e* cresce più rapidamente il valore di $\frac{1}{cos.\ e}$ di quello di $(sen.\ e)^2$, poichè mentre progressivamente la prima funzione giunge a divenire $= \infty$, la seconda non arriva che ad essere $= 1$, quando $e = 90.°$, così è chiaro che la prevalenza della resistenza assoluta negativa della porta sulla contrapposta pressione sarà maggiore di mano in mano che sarà minore l' angolo *e*, cioè a dire a seconda che sarà meno ottuso l' angolo della capriata.

§. 367. Ci rimane da indagare in qual modo dipendano dall' angolo della capriata le spinte, che per l' azione dell' acqua le porte esercitano contro i cardini, e quindi contro gli stipiti, o contro l' armature a cui dessi cardini sono affidati. E primieramente ognuna delle porte è spinta direttamente contro i propri cardini dalla pressione testè considerata $\frac{A}{2\ cos.\ e}$, come se questa fosse immediatamente applicata all' asse verticale, in cui si trovano i cardini medesimi. Ma tale pressione si risolve in due spinte, una delle quali $= \frac{A}{2}$ parallela all' asse della chiusa; l' altra $= \frac{A\ tang.\ e}{2}$ perpendicolare alla prima, e premente i cardini dall' indentro all' infuori. Inoltre l' estremità in cui sono i cardini prova una pressione $= \frac{A}{2\ sen.\ e}$ (§. 336) in direzione perpendicolare al piano della porta; e questa pressione equivale a due spinte, una $= \frac{A}{2}$ parallela all' asse della chiusa, l' altra $= \frac{A}{2\ tang.\ e}$ perpendicolare alla prima, e premente i cardini dall' infuori all' indentro. Per lo che si deduce:

1.° Che la spinta totale che i cardini di ciascuna porta soffrono in direzione parallela all' asse della chiusa è costantemente $= A$, e quindi che gli stipiti, o l'armature di qualunque sorta, a cui sono fermati i cardini, sono spinte in questa direzione nè più nè meno, che se in cambio della porta esistesse una paratoia, ovvero una travata d'un solo piano verticale (§. 365). Laonde per questo rapporto è indifferente qualunque sia il valore dell'angolo della capriata:

2.° Che i cardini di ciascuna porta sono spinti dall' indentro all' infuori con una forza $= \frac{A}{2} \left\{ tang.\ e - \frac{1}{tang.\ e} \right\}$, la quale evidentemente va diminuendo, a seconda che cala il valore dell' angolo e, e si reduce a zero quando $e = 45.°$, o sia quando l' angolo della capriata è retto. Quindi l' angolo della capriata è più vantaggioso a questo riguardo di mano in mano che più si accosti ai 90.°

§. 368. Riepilogando tutte le conseguenze dedotte dall' esposte considerazioni si raccoglie:

1.° Che a sicurezza del costante equilibrio del sistema, essendo chiuse le porte, si richiede che l' angolo della capriata non sia minore di 90°:

2.° Che la robustezza delle porte, relativamente al maggior valore e al minor cimento della loro resistenza rispettiva, e che la facilità del maneggio delle porte stesse, traggono vantaggio dalla maggior grandezza dell' angolo della capriata:

3.° E che viceversa più solida si rende la congiunzione delle porte, più vantaggiosa la loro condizione relativamente alla resistenza assoluta negativa, e minore la loro spinta contro i cardini, e contro i ritegni dei medesimi, a seconda che l' angolo della capriata più si accosta ai 90°.

Taluni hanno tentato di stabilire in modo generale la misura più vantaggiosa dell' angolo della capriata per le porte di qualunque chiusa. I risultamenti di questa ricerca sono stati diversi, a seconda delle diverse considerazioni da cui si è voluto dedurli; ed hanno vagato entro i limiti di 109° 28', e di 143° 8' (1). Ma poichè abbiamo dimostrato la discrepanza degli effetti dell' angolo della capriata nelle varie relazioni di sicurezza, di resistenza, di spinta, e di facilità al movimento delle porte, mentre alcune di queste utilizzano, altre discapitano coll' accrescersi del detto angolo, e viceversa; si rende manifesta la vanità dell' accennata ricerca attesa l' impossibilità di combinare generalmente in un medesimo angolo il massimo vantaggio sotto tutti gli spiegati rapporti. Può soltanto generalmente stabilirsi che nelle più larghe chiuse, e destinate a sostenere una notabile altezza d' acqua, sarà da aversi principalmente per iscopo di favorire la resistenza rispettiva delle porte, e di minorare la difficoltà del loro movimento, e gioverà quindi che l' angolo della capriata sia molto ottuso; e che all' opposto nelle piccole chiuse potrà essere sufficientemente provveduto agl' indicati due oggetti con un angolo poco ottuso, il quale sarà vantaggioso, per gli altri diversi rapporti summenzionati, alla buona costituzione delle porte. I costruttori hanno variato notabilmente l' angolo della capriata nelle molte chiuse a porte, di cui parlano i libri d' architettura idraulica. Alle chiuse principali del sostegno di Muyden, posto alla foce d' un ramo del Reno denominato il Wecht, nell' Olanda, e descritto del Belidor (2), l' angolo della capriata fu portato fino a 148° 6', essendo la larghezza viva di esse chiuse uguale a m. 6,50. Nelle chiuse dei già rammentati sostegni del nuovo canale di Pavia, che hanno la larghezza viva di m. 5,60, l' angolo della capriata non è che di 104° 52'.

§. 369. L' intrinseca stabilità delle porte dipende singolarmente dalle

(1) Sganzin. — *Programmes des leçons d' un cours de construction.* — Lez. XXVI.
(2) *Architecture Hydraulique.* Parte II, lib. II, cap. IV.

giuste dimensioni assegnate ai membri che le compongono, avuto principalmente riguardo alla resistenza rispettiva. Questa per altro non è posta ad alcun cimento nei ritti (§. 361), poichè dessi, quando le porte sono a contatto, e premute dall'acqua, trovansi sostenuti in tutti i punti della loro lunghezza. Tuttavia si assegnano ai ritti dimensioni maggiori che a tutti gli altri membri, attesochè sono i principali sostegni del sistema, a cui gli altri membri tutti vengono affidati. Per le piccole porte, la di cui lunghezza non giunge a m. 3,25, si suole assegnare ai ritti la larghezza di m. 0,24, di m. 0,27, di m. 0,30, secondo che più la lunghezza della porta si avvicina all'indicato limite. Per le porte più grandi si dà indistintamente ai ritti la larghezza di m. 0,32. La grossezza dei ritti suol farsi maggiore di quella delle traverse di m. 0,054, che è la grossezza ordinaria dei tavoloni, dei quali si compone il rivestimento delle porte; dovendo i lembi laterali del rivestimento essere incassati e fermati in due battenti tagliati lungo i ritti, in modo da pareggiare insieme con le traverse la grossezza dei ritti medesimi. Allo zoccolo ed al cimazio si assegna una riquadratura uguale a quella dei ritti, per aver modo d'incastrarvi l'estremità superiori ed inferiori dei tavoloni come vedesi nella fig. 164.

Tutto si riduce dunque a determinare la riquadratura ed il numero delle traverse in correspettività della resistenza rispettiva, che in ciascuna di esse abbisogna per fare invincibile contrasto alla pressione dell'acqua. Ora siccome la pressione è proporzionale all'altezza dell'acqua sul centro di gravità della superficie premuta, così acciocchè la resistenza rispettiva delle traverse possa far equilibrio con la pressione dell'acqua, sarebbe evidentemente necessario che procedendo dal di sopra al di sotto, crescesse di mano in mano la riquadratura delle traverse, ovvero diminuisse la scambievole loro distanza. Ma poichè importa, non di provvedere al semplice equilibrio, ma bensì d'assicurare la stabilità dell'edifizio, e si richiede perciò di abbondare nelle dimensioni dei membri oltre di quanto pel puro equilibrio sarebbe necessario, si offre da ciò un ragionevole espediente per evitare l'accennate difformità, che obbligherebbero a replicati calcoli, e non sarebbero senza qualche inconveniente nella pratica esecuzione.

Quindi generalmente si pratica di porre le traverse ad uguali distanze l'una dall'altra, e di assegnare a tutte una medesima riquadratura; la quale onde valga a mettere al sicuro la stabilità individuale di ciascheduna traversa, e quindi quella delle porte, potrà essere presa uguale a quella riquadratura, che competerebbe rigorosamente soltanto all'infima traversa, contro di cui agisce la pressione più gagliardamente che contro qualunque altra. È questo il saggio partito che ne vien suggerito dal Gauthey (1); il quale per comodo della pratica compose una tavola, ove dipendentemente dalla regola esposta notò le riquadrature competenti alle traverse delle porte di qualunque grandezza, che sogliono più comunemente occorrere nei sostegni tanto dei canali navigabili, quanto dei porti a marea usitati lungo le coste dell'Oceano.

Intorno alla distanza fra una traversa e l'altra, misurata da mezzo a mezzo, seguendo gli avvertimenti di Belidor (2), e del Gauthey (3) stabi-

(1) *Mémoires sur le canaux de navigation.* — Mem. II, parte I, §. 12.
(2) *Architecture Hydraulique.* Parte II, lib. I, cap. XIII. sez. I.
(3) V. la suindicata opera al luogo citato.

liamo, che non abbia ad uscire dai limiti di m. 0,90, e di m. 0,65 il primo dei quali è fissato con la mira di non esporre a soverchia pressione i tavoloni, il secondo col divisamento di non rendere troppo pesante la struttura delle porte.

§. 370. Piuttosto che esibire una tavola limitata a pochi casi particolari, e calcolata per una sola specie di legname, e per un determinato valore della resistenza rispettiva, sarà più utile di stabilire una formola generale, da cui possa ricavarsi la riquadratura delle traverse per una porta di qualsiasi grandezza, qualunque sia la specie di legname che debba impiegarsi, e qualunque i risultamenti intorno alla resistenza rispettiva, di cui possa credersi conveniente l'applicazione.

Sieno c la lunghezza comune a tutte le traverse, u la distanza costante fra una traversa e l'altra da mezzo a mezzo, h l'altezza dell'acqua sul centro di gravità della traversa infima, e dicasi x il lato della riquadratura competente a quest'infima traversa; e quindi, per quanto si è detto poc'anzi, assegnabile indistintamente anche a tutte l'altre. Il valor primordiale della resistenza rispettiva della traversa sarà espresso (§. 159) da $\frac{2\,k\,x^3}{c}$; e per l'esercizio continuato in cui dovrà rimanere, basterà soltanto di ridurlo ad un sesto (§. 163 n.° 2, 3), potendo nel caso di cui si tratta prescindersi da ogni altra riduzione, poichè vuolsi usare la massima accuratezza a scegliere il legname senza imperfezioni, e qualche conto può farsi di quell'aumento di resistenza, che deriva dal solido collegamento dell'estremità della traversa ai ritti laterali. Si potrà dunque calcolare nella traversa una resistenza rispettiva permanente eguale a $\frac{k\,x^3}{3\,c}$. Ora cotale resistenza deve far fronte alla pressione dell'acqua su quella porzione della superficie della porta che è sostenuta dalla traversa; la quale pressione, essendo uguale a chilog. $1000\,c\,h\,u$, peso della colonna fluida, che ha per base l'area rettangolare premuta $c\,u$, e per altezza la profondità h del centro di gravità della traversa sotto il piano di livello; ed essendo equabilmente distribuita sulla lunghezza c della traversa, equivale (§. 159 n.° 12) ad un conato eguale a $\frac{1000\,c\,h\,u}{2}$ $= 500\,c\,h\,u$, applicato al punto di mezzo della traversa medesima. Quindi la condizione della stabilità si avrà nell'equazione

$$\frac{k\,x^3}{3\,c} = 500\,c\,h\,u, \text{ o sia } x^3 = \frac{1500\,c^2\,h\,u}{k};$$

dalla quale, ogni qualvolta che sieno dati gli elementi $c, h, k, u,$ si potrà dedurre il lato x della cercata riquadratura.

§. 371. Supponiamo, per esempio, che mediante la stabilita equazione si fosse dovuto determinare la riquadratura da assegnarsi alle traverse nelle porte della chiusa inferiore d'uno dei sostegni lungo il canale del Centro, il quale congiunge la Loira alla Senna nella Francia. Secondo le notizie dateci da Gauthey (1), ciascuna delle menzionate porte è alta m. 4,71, larga m. 3,25 onde essendo la larghezza d'ognuno dei ritti di m. 0,32 la lunghezza viva delle traverse risulta di m. 2,61. Queste sono in numero di quattro, e distribuite a distanza di met. 0,86 l'una dall' altra da mezzo a

(1) V. l'appendice in fine della precitata opera.

mezzo. Il pelo d'acqua nella massima sua elevazione passa met. 0,40 sotto alla sommità delle porte. Ciò posto facilmente si deduce che l'altezza dell'acqua sopra al mezzo dell'infima traversa, di quella cioè che succede immediatamente allo zoccolo, è di m. 3,16. E quindi non si avrà che da sostituire nell'equazione generale $c = 2,61$, $h = 3,16$, ed $u = 0,86$, e se ne ricaverà $x = 0,222$, che sarà il lato della riquadratura che si sarebbe dovuto dare alle traverse. La riquadratura effettivamente assegnata alle traverse delle predette porte è di m. 0,24 e m. 0,27 la quale è maggiore del bisogno, e quindi provvede con esuberanza alla solidità del sistema.

§. 372. Le porte dei sostegni al prefato canale del Centro furono corroborate con diagonali, e con traverse oblique della riquadratura di m. 0,19 e m. 0,22, a distanza di circa un metro l'una dall'altra da mezzo a mezzo. Il diagonale, come di già fu notato (§. 361), è di molta importanza nella struttura delle porte, poichè costituisce insieme col cimazio e col ritto cardinale un sistema di forma invariabile. Le traverse oblique poste al di sopra del diagonale, appoggiandosi al ritto cardinale, servono di sostegno alle traverse orizzontali, e ne rendono invariabile la posizione. Ma quelle che sono al di sotto, essendo appoggiate allo zoccolo, tendono a farlo abbassare per quanto sieno assicurate con caviglie alle traverse orizzontali. A renderle utili sarebbe d'uopo di porle non parallele al diagonale, ma bensì ad una linea condotta dalla sommità del ritto cardinale al piede del ritto battente. Potrebbero anche omettersi affatto, ponendo invece di esse in sostegno dello zoccolo una spranga di ferro fermata all' estremità superiore del ritto cardinale, e all'estremità inferiore del ritto battente; e nella pratica si offre qualche esempio di siffatto espediente. E cesserebbe poi del tutto il bisogno e delle traverse oblique inferiori e della spranga testè accennata, se si disponessero obliquamente i tavoloni in direzione parallela a quella, in cui la spranga stessa si dovrebbe collocare, e si venissero a concatenare così per mezzo dei tavoloni medesimi il ritto battente e lo zoccolo, incastrando nell' uno e nell' altro l'estremità de' tavoloni a code di rondine.

Si pratica ordinariamente nelle porte de sostegni di comporre il diagonale, e così pure ciascuna delle traverse oblique, di più pezzi interposti alle traverse orizzontali, e inseriti in queste con incastri a maschio nascosto (§. 244 n.° 10, 12). Tale disposizione vien suggerita dall' intendimento di non indebolire le traverse orizzontali, evitandosi così la necessità di farvi delle tacche in grossezza agl' incontri del diagonale e delle traverse oblique, come occorrerebbe se ciascuno di questi membri fosse in tutta la sua lunghezza d' un pezzo solo. Ma poichè abbiamo veduto (§. 232) indursi dal razioncinio, e confermarsi dall' esperienza che le tacche non diminuiscono la resistenza rispettiva delle travi se sono fatte da quella parte in cui deve agire la pressione, qualora sieno esattamente riempite, inserendovi dei pezzi di legno di buona consistenza, sembra che senza tema d' indebolire il sistema si potessero formare i diagonali e le traverse oblique di lunghi pezzi connessi a mezza grossezza (§. 244 n.° 2) alle traverse orizzontali: ciò che gioverebbe senza dubbio a render più semplice e più facile la costruzione delle porte.

§. 373. Alle chiuse de' sostegni lungo i canali navigabili non vi è esempio che siasi mai deviato dall'uso delle porte piane concorrenti ad angolo ottuso. Sono state bensì talvolta adattate delle porte ricurve alle grandi chiuse

dei sostegni situati all' imboccature dei porti di mare. Il Belidor dimostrò (1) che la pressione dell' acqua, essendo le porte ricurve, genera tanto contro le traverse orizzontali, quanto contro i cardini, dei conati precisamente uguali a quelli che ne deriverebbero se le porte fossero piane; e riflettendo quindi che la resistenza rispettiva delle traverse non trae alcun profitto dalla curvità, quando non se ne accresca la riquadratura, fu indotto a decidere che la struttura ricurva delle porte non offre verun vantaggio, a fronte delle difficoltà e del maggior dispendio che presenta nell' esecuzione. Ma questa conclusione del valentissimo scrittor francese è fondata sul supposto che le traverse sieno ridotte alla figura ricurva per mezzo di opportuni tagli, nel qual caso anzi sarebbe da temersi che la loro resistenza rispettiva fosse minore di quella che si avrebbe in un legno diritto della stessa riquadratura. Che se in vece si supponga che le traverse si formino con fusti, i quali abbiano naturalmente la requisita curvatura, e che non abbiasi quindi in esse quella discontinuazione di fibre che deriva necessariamente dal taglio fatto in un legno dritto per renderlo concavo da una parte e convesso dall'altra, avranno senza dubbio, desse traverse, maggior validità a resistere che se fossero diritte, e per conseguenza con la figura ricurva si otterrà un reale vantaggio nella solidità delle porte. Laonde dobbiamo concludere, che la curvatura delle porte offre un utile espediente per le chiuse di straordinaria grandezza, quali erano appunto quella di Mardick larga circa met. 14,30, e quella di Cherbourg della larghezza di circa met. 15, nelle quali, come ne racconta lo stesso Belidor, furono stabilite delle porte di configurazione arcuata.

§. 374. Per aprire le porte d' una chiusa, allorchè l'acqua si trova ridotta allo stesso livello nei due tronchi di canale separati dalle porte medesime, diversi espedienti possono fare a proposito. Il più semplice di tutti consiste in una trave orizzontale sostenuta a giusta altezza dai ritti di ciascuna porta prolungati quanto è necessario per quest' effetto, la quale sporga con un braccio d' opportuna lunghezza al di là del ritto cardinale. Costituisce evidentemente questa trave un vette di primo genere mobile intorno ai cardini della porta, onde applicando la forza d'uno o di più uomini a spingere a seconda della corrente il braccio sporgente entro terra, si verrà agevolmente ad aprire la porta, non essendo da vincersi altra resistenza, se non che quella del mezzo, e quella degli attriti. S' ottiene con questo sistema anche un altro vantaggio; ed è che quella parte del trave, la quale è destinata a servir di braccio alla potenza, facendo da contrappeso alla porta, mitiga le spinte laterali che il peso di essa produce contro i cardini, e si oppone al cedimento del ritto battente, il quale non è sostenuto se non che dalla forza delle congiunzioni quando la porta è discosto dalla capriata. Per tal motivo sarà conveniente di sopraccaricare l'estremità di detto braccio sia rinforzandone le dimensioni, sia appendendovi un qualche grave masso di pietra. Le piccole porte si aprono comunemente a mano per mezzo di aste uncinate, con le quali si afferrano degli anelli infissi a bella posta alla sommità delle porte. Per le porte delle grandi chiuse può farsi uso d'argani, di taglie o d'altre consimili macchine, intorno all' uso delle quali si parlerà in generale nel libro quarto.

(1) V. la sua opera precitata — Parte II, lib. I, cap. V.

§. 375. Interessanti motivi non di rado inducono a formare nelle paratoie, o nelle porte delle chiuse, delle aperture più o meno grandi di figura rettangolare, le quali diconsi *portelli*, e servono a far passare l'acqua regolatamente dall'uno nell'altro tronco del canale a norma dell'occorrenze. Tali aperture vengono circoscritte da robusti telai, e si chiudono per mezzo, o di piccole cateratte, o di porticelle di forma ordinaria, ovvero di sportelli in bilico, i quali sono disposti in guisa che possono chiudersi ed aprirsi, girando intorno ad un asse verticale situato per lo più fuori del loro centro di gravità. Le cateratte s'alzano e s'abbassano all'uopo con l'uso di verricelli, o di martinetti, o di viti: le porticelle ordinarie e gli sportelli in bilico, in grazia della loro costituzione, sono al caso di chiudersi e di aprirsi per semplice effetto delle diversità dei livelli dell'acqua nei due tronchi del canale. Alle parratoie delle chiaviche poste agli sbocchi de'canali di scolo, i quali sono soggetti al rigurgito de'loro recipienti, si applicano talvolta così fatte valvole, le quali fanno prendere alla paratoia e alla chiavica la denominazione di paratoia o chiavica a *vento*. Gli sportelli in bilico si adattano anche ad ampie luci, e diconsi in tal caso *porte giranti*. Di queste si fa uso specialmente alle chiuse de'porti dell' Oceano, ove servono al ritegno, e al rilascio alternativo dell'acque, all'oggetto di mantenere i canali sgombrati dalle sabbie che vi si radunano nel flusso del mare. Lasceremo agli studiosi la cura d'instruirsi intorno alla struttura e regolamento di tali porte, leggendo ciò che diffusamente ne ha scritto il Belidor (1), paghi d'aver fatto cenno d'un artificio che forse potrebbe esser messo a profitto pel miglioramento d'alcuno dei porti a canale della nostra Italia.

§. 376. Chiuderemo questo capitolo con alcuni brevi ragguagli intorno alle dighe di legname. Queste sono destinate o ad essere bagnate dall'acque nell'una e nell'altra parte, ovvero a trovarsi esposte all'acqua da una sola parte, rimanendo aderenti alla ripa con la parte opposta. Appartengono al primo caso quelle dighe per cui si formano l'interne divisioni d'una laguna; sia per tenerla in un sistema favorevole alla facilità e al maggior prodotto della pesca, sia per qualunque altro fine: le palificate protratte in mare a guisa di moli in continuazione delle ripe de'porti a canale per varii motivi, che spiegheremo nel libro seguente, in benefizio della navigazione: finalmente le palafitte, che si stabiliscono entro gli alvei dei fiumi a far l'ufficio di pennelli (§. 29). Si riferiscono al secondo caso i paradori costrutti a difesa delle ripe de'fiumi (§. 21, 22), e le rive che alcune volte si costruiscono di legname agli scali de'porti marittimi o fluviatili.

§. 377. Le piccole dighe entro alle lagune e agli stagni di poca profondità possono formarsi piantando lungo due linee parallele, distanti circa met. 1,50 l'una dall'altra, due file di pali del diametro di otto in dieci centimetri, a distanza di tre in quattro decimetri l'uno dall'altro; applicando internamente a ciascuna fila di pali un rivestimento di doppie arelle (§. 19) battute verticalmente nel fondo, e assicurate ai pali con un doppio ordine di pertiche orizzontali, e con legature di vimini; riempiendo quindi il vano intermedio con lo stesso limo, che può ricavarsi dal fondo della laguna. Tale è la struttura delle così dette *casselle*, o arginetti per mezzo dei quali la laguna di Comacchio vien separata in molti campi o

(1) Opera precitata. — Parte II, Lib. II, cap. I.

bacini; artifizio fondamentale dell' ubertosissima pesca che si fa in quelle acque (1).

Le palificate, per mezzo delle quali si fanno sporgere dal lido l'imboccature dei porti a canali, sono formate d'alcune file parallele di grossi pali, consolidate con traverse longitudinali che diconsi *filagne*, *corsie*, ed anche *paraschiene*, e da tiranti trasversali chiamati anche *catene*. Gli spazi interposti sono ricolmati d' una riempitura o *imbottitura* composta a strati alternativi di fascine e di sassi. La fig. 168 dimostra la sezione trasversale e la pianta d' una palificata di questa specie, ordinata in conformità d'un sistema sperimentato con felice successo nei nostri porti a canale lungo le coste dell' Adriatico. Le due file laterali, che possono dirsi maestre o frontali sono composte di pali, $p, p, p \ldots$ aventi alla testa il diametro di 35 in 40 centimetri, piantati a distanza di m. 0,20, o poco più l'uno dall'altro da vivo a vivo, e lunghi in modo, che dovendo per un terzo almeno penetrare sotto il fondo della spiaggia, le loro sommità abbiano a riuscire elevate circa m. 2 sul pelo delle più alte maree. Quindi occorrono lunghezze ognor crescenti nei pali di mano in mano che debbono essere collocati più innanzi entro il mare. Due file di men grossi pali $t, t, t, \ldots$, che diconsi *terraficcoli*, parallele alle file maestre, dividono in tre spazi uguali l'intervallo interposto alle medesime file maestre. I terraficcoli hanno di diametro in testa 25 in 30 centimetri, le loro sommità giaciono tutte in un medesimo piano orizzontale con le teste de' pali maestri, e possono esser confitti nel fondo alquanto meno di quelli. La distanza da un terraficcolo all' altro nella medesima fila dipende dalla distribuzione delle catene, la quale vedremo in breve come debba essere regolata. Ciascuna delle file frontali è concatenata mediante due ordini di filagne della riquadratura di 15 a 20 centimetri, applicata di piatto esternamente ai pali; cioè un ordine superiore m, m, stabilito m. 0,35 sotto la sommità de' pali, ed un second' ordine n, n posto a livello del pelo magro dell' acqua. Le file intermedie de' terraficcoli hanno il sòlo ordine di filagna superiore s, s, applicato da quella parte che è rivolta verso la corrispondente fila maestra. Le filagne sono fermate a tutti i pali che incontrano con grosse caviglie di ferro, ed i pezzi che le compongono hanno le loro estremità non congiunte, ma soprapposte l' una all' altra, e chiodate una più su, ed una più giù al medesimo palo, in modo che ciascun ordine viene ad essere composto di due serie interrotte di pezzi, che si alternano formando due piani uno più alto ed uno più basso, a contatto l' uno dell' altro. Questa disposizione, volgarmente denominata *ingambellatura*, si applica non di rado in pratica anche ad altre consimili costruzioni.

Le due palafitte frontali sono collegate insieme per mezzo delle catene cc, cc, sostenute dagl' intermedi terraficcoli. Le catene sono posate immediatamente sulle filagne superiori, hanno per solito la riquadratura di 20 e 25 centimetri, e sono ordinariamente distribuite in modo che ne cada una ad ogni terzo palo di ciascuna fila frontale, come vedesi nella figura. I terraficcoli, non dovendo servire se non che di sostegno alle catene, sono in ciascuna fila tanti quante sono le catene medesime, e collocati in modo,

(1) Bonaveri. — *Della città di Comacchio, e delle sue lagune e pesche.* — Cesena 1761. Parte seconda, §. 50.

che mentre la catena è applicata di piatto con una delle sue faccie aderente a due corrispondenti pali delle file frontali, venga a trovarsi con la faccia opposta a contatto dei due terraficcoli. Le catene sono assicurate tanto ai pali quanto ai terraficcoli per mezzo di caviglie di ferro. Talvolta, non avendosi legname abbastanza lungo per far le catene tutte d' un pezzo, si forma ciascuna di queste di tre pezzi staccati, e disposti come vedesi in *h h h*.

L' imbottitura interna della palificata è composta, come dicemmo, di strati alternativi di fascine e di sassi, ciascuno de' quali suol farsi dell' altezza di m. 0,40 circa. Nel fondo della cassa deve giacere un primo strato di fascine: e quanto ai sassi vuole usarsi la precauzione di collocare i più grossi presso le palificate frontali: di che è facile a scorgersi la ragione.

L' estremità della palificata entro il mare ha una configurazione semicircolare, come appunto nella figura, ovvero anche talvolta la figura di triangolo equilatero. Questa parte dell' edifizio, la quale è più d' ogni altra esposta alle violenze del mare e agli urti de' bastimenti, si corrobora ordinariamente con una contropalificata interna, e con terraficcoli e catene accessorie di rinforzo, nella foggia rappresentata sul tipo, o in altra equivalente, a senno dei costruttori. Per difendere poi le estremità sporgenti, che diconsi *nasi*, delle catene, dagli urti de' bastimenti dalla parte del canale, vi si pongono innanzi i pali così detti *guardiani g, g, g, . . .*, i quali non occorrono dalla parte di terra, ove non si approssimano le barche.

Il tipo di cui ci siamo prevalsi presenta una palificata della larghezza di m. 5 da mezzo a mezzo delle due file frontali. Per altro il sistema descritto si è voluto in qualche porto impiegare alla costruzione di palificate più larghe, perfino a m. 7. Ma l' esperienza ha dimostrato che per così larghe palificate tale struttura non offre una sufficiente robustezza. A vero dire i più esperti Ingegneri sono d' avviso che la larghezza di m. 5, o poco più, sia sufficiente per le palificate de' nostri piccoli porti. Tuttavia, se talvolta per giusti motivi si stimasse conveniente d' oltrepassare l' accennato limite, a rendere il sistema sicuro nella sua stabilità, basterà d' aggiugnere fralle due file di terraficcoli una terza fila intermedia di pali, del tutto uguale alle due file frontali, senza variare in altro la struttura della palificata. Cotesto espediente, che non abbisogna di maggiori dilucidazioni, è stato più volte sperimentato con felice riuscita.

§. 378. Intorno ai paradori, genere di ripari proscritto dalla ragione non meno che dall' esperienza, può bastare quel tanto che ne fu detto nel libro primo (§. 21, 22). Analoga alla struttura de' paradori è quella degli scali marittimi, quelle rare volte che la necessità, o la convenienza inducono a costruirsi di legname. In generale l' impiego del legname in questa sorta di lavori vuol essere regolato dalla mira d' ottenere un sistema valido a resistere insieme da una parte alla spinta dell' acqua, dall' altra a quella del terreno, senza moltiplicarne inutilmente i membri. Il più bel modello che se ne possa offrire è quello delle rive di scalo, che l' Architetto militare Clement fece costruire al porto di Dunkerque, delle quali faremo conoscere la struttura, giovandoci dell' accurata descrizione esibitane dal Belidor (1).

(1) Nella stessa opera più volte citata. — Parte II, lib. I, cap. XII.

L' altezza dello scalo, di cui riferiamo la struttura, è di met. 5,85 circa sul fondo del porto: la medesima struttura per altro si reputa adattata anche ai casi d' un' altezza di 8, e di presso a 10 metri; il nerbo principale del sistema consiste in una palafitta frontale A A (fig. 169 *a*, *b*,*c*) composta di pali della riquadratura di m. 0,32, piantati a distanza parimenti di m. 0,32 uno dall' altro, non verticali ma inclinati verso la ripa in modo da formare una scarpa avente 1 di base per 12 di altezza, e confitta nel fondo per due quinte parti della loro lunghezza. Questa palafitta è tutta legata da due ordini di filagna, cioè un ordine superiore L applicato un metro circa sotto la sommità della palafitta, ed un ordine inferiore M posto m. 1,50, o al più due metri distante dal fondo del porto; ed è coronata da un architrave G connesso a ciascuno de' pali con incastro a maschio e femmina. La filagna è formata di pezzi della riquadratura di 22 e 27 centimetri; l' architrave ha una riquadratura uguale a quella de' pali, cioè di m. 0,32. Per rendere più intelligibile la descrizione, considereremo il sistema diviso in tante passine T T, T T... (ciascuna delle quali abbraccia tre pali N, O, P della palafitta. Ognuna di queste passine è ritenuta da due *chiavi*, o vogliam dire *orboni* C, C, C...., Q, Q, Q.... della riquadratura di m. 0,32, il primo de' quali inclinato, il secondo pressochè orizzontale. Questi sono situati uno al di qua, e uno al di là del palo di mezzo O, appoggiati, e connessi, il primo alla filagna superiore C, il secondo all' inferiore Q, e le loro code sono appoggiate ed incastrate ad una trave orizzontale D della riquadratura di m. 0,32 che dicesi *dormiente*, giacente sul terreno parallela alla palafitta frontale: e sono ritenute lateralmente da tre terraficcoli verticali I, K, S, i quali serrano e tengon fermo il dormiente come apparisce nelle figure. Finalmente l' orbone superiore C è sostenuto da due pali di rinforzo H, F, e l'orbone inferiore da due altri pali di rinforzo B, E, tutti paralleli ai pali frontali; i quali pali di rinforzo, siccome pure i terraficcoli sono della riquadratura di m. 0,27. All' interno della palafitta si applica un rivestimento di tavoloni R, R, R....grossi m. 0,054, chiodati ai pali; e connessi costa a costa; le commessure de' quali inzeppatavi della stoppa si ricoprono internamente con regoli chiodati Z, Z, Z,... affinchè il rivestimento divenga impenetrabile all' acqua.

La posizione del dormiente D si determina dipendentemente dall' altezza dello scalo, dovendo tale altezza essere alla distanza orizzontale del dormiente della palafitta frontale prossimamente nel rapporto di 3 a 4. Affinchè poi lo stesso dormiente si trovi collocato più stabilmente, il Belidor giustamente approva il metodo d' alcuni Ingegneri, i quali invece di situare i terraficcoli K, K, K,.... nel modo preindicato pensarono di collocarli sotto al dormiente, come vedesi nella fig. 169 *d*, incastrati nel medesimo a maschio e femmina, legando le code degli orboni al dormiente con le staffe o arpioni di ferro X. Con simili arpioni sono pure allacciate l' estremità anteriori degli orboni alle filagne della palafitta frontale. Del resto le connessioni de' varii membri sono assicurate per mezzo di chiavarde e di caviglie di ferro di convenienti misure; e l' unione degli orboni col dormiente, poichè la posizione di questo non permetterebbe l' uso di chiavarde o delle caviglie ordinarie ribadite, si convalida per mezzo di chiodi a *barbone*, dei quali a suo luogo si conoscerà l' artifizio.

L' interno tavolato di rivestimento si protrae fino alla profondità d' un

metro poco più sotto il fondo naturale, e alla profondità medesima si escava una fossa lungo l'interno della palafitta, larga m. 2,50, la quale fossa ricolmasi con fascine disposte longitudinalmente a strati l'une sull'altre. Si evita per tal modo l'inconveniente che l'acqua sciolga il terreno presso il piede interno della palafitta, e lasciandola senz'appoggio in quella parte ne diminuisca la solidità. Quindi sulle fascine a tutta l'altezza della palafitta, si forma un banco d'argilla battuta della grossezza di circa m. 2, e si compie la riempitura con terra ordinaria disposta a strati e compressa (§. 7) in tutta l'estensione dello scalo, riportandovi in sommità un suolo d'arena alto m. 0,16, perchè serva di letto ad una selciata, qualora si creda a proposito di farla.

Per garantire anche meglio il piede della palafitta frontale dalle filtrazioni dell'acqua potrebbe essere utile di stabilire internamente una fila di piane o palanche verticali piantate fra la palafitta, ed un corrente orizzontale V (fig. 169 *e*), sostenuto da una schiera di terraficcoli Y inclinati e paralleli ai pali frontali, regolando nel resto il sistema nel modo spiegato.

CAPO XIV

USI DEL LEGNAME NELLE FONDAZIONI DE' MURI

§. 379. S'impiega frequentemente e con somma utilità il legname per provvedere al sicuro impianto de'muri, le quante volte le circostanze del sito non concedono di fondarli sopra un solido letto naturale di materia che sia capace di sostenerne il peso senza pericolo di cedimenti, i quali possano turbare la forma e la stabilità dell'edificio. Ciò avviene talvolta perchè nel sito ove dev'essere piantato il muro o non si trova, per quanto si possono approfondare l'esplorazioni, uno strato di materia di sicura consistenza; o si trova solo ad una sterminata profondità, in guisa che volendovi stabilire immediatamente sopra il fondamento del muro si richiederebbero difficilissime, e dispendiosissime operazioni. Ed altre volte succede, che quantunque ad una discreta profondità esista uno strato di materia solida, tuttavia non sarebbe possibile di posarvi i muri se non che a fronte di grandissime difficoltà, e d'uno smoderato dispendio, atteso l'impedimento che deriva dall'acqua, la quale corre, o ristagna a grande altezza sulla superficie del suolo. Questa seconda circostanza si presenta bene spesso quando si deve ergere un edificio entro l'acque d'un fiume, o del mare, o di qualche lago.

L'impiego del legname nelle fondazioni de'muri, tende secondo le diversità dei casi o a correggere il difetto del fondo naturale, a consolidarlo, e a renderlo idoneo a servire di sicura base all'edificio, ovvero a far sì che i muri vengano ad essere sostenuti da uno strato di materia consistente, che esiste a qualche profondità sotto altri strati di materie cedevoli, e ciò mediante la costruzione intermedia d'un castello di legname, i di cui piedi giungano ad appoggiarsi sullo strato solido. Ora vedremo quali siano gli espedienti adattati per ottenere sia l'uno, sia l'altro dei motivati effetti. Nel seguente libro cadranno poi in acconcio alcune considerazioni, le quali daranno qualche maggior lume, per poter applicare con-

venientemente questi espedienti alle circostanze naturali dei luoghi, ed alle particolari condizioni de' varii edifici.

§. 380. Ad un terreno sciolto, molle, cuoroso, o di qualunque altra natura cedevole, si fa prendere consistenza, condensandolo con l' intromissione di buon numero di pali. Segnato un perimetro assai più ampio della base del muro che si vuol costruire, s'incomincia dal battere fino a fior di terra in file regolari dei pali della lunghezza di due o tre metri al più, a distanza di m. 1,50, o di m. 2 l' uno dall' altro. Ciò fatto, si continua conficcando altri pali fra quelli già affondati, fintantochè a forza di rendere vie più folta la palificazione, si riduca il terreno a quel massimo grado di condensamento, oltre il quale non può maggiormente comprimersi. Si potrà esser sicuri di ciò quando si veda che gli ultimi pali affondati sieno a rifiuto di maglio; e talvolta accade che non si giugne ad ottener quest'effetto se non che dopo aver moltiplicati i pali, in modo che trovinsi tutti a contatto l' uno dell' altro. Il fondo così consolidato si rende atto a sostenere saldamente il carico d'un edificio; e ciò si è confermato in effetto, segnatamente nei ponti di Mâcon e di Châlon, fabbricati in Francia sulla Sonna; i quali sussistono da molti secoli, quantunque entrambi piantati in un fondo cattivo, semplicemente corretto col metodo testè descritto (1).

§. 381. Si adopera anche in altro modo il legname per riparare alla poca consistenza del fondo, sul quale si deve fabbricare. L' espediente consiste nel costruire sopra una superficie assai più ampia della base del muro, che si vuol edificare, un robusto telaio di travi longitudinali e trasversali, ben connessi l' uno con l' altro ad incastro, ed assicurati con caviglie di ferro. Questo telaio, che dicesi *graticola*, o *zatterone*, si ricopre con uno strato di tavoloni a cui si dà il nome di *piattaforma*; e su questa si fa quindi l' impianto del muro. Con tale artificio, quantunque il fondo non acquisti un maggior grado reale di consistenza, rendesi tuttavia capace di reggere la fabbrica, poichè essendo costante il carico che tende a comprimerlo, cresce la forza del terreno per resistervi quanto divien maggiore la base sulla quale si esercita la compressione. Tale fu il metodo di cui felicemente si valse a Rochefort l'Architetto Blondel nella fondazione del grandioso edificio, in cui si lavorano i cordami per uso della marina; ove sotto un primo strato solido di terra argillosa altri ne succedevano di mano in mano più molli, e finalmente a qualche profondità uno sterminato abisso di semiliquida cuora (2).

§. 382. Allorchè si adotta quest' ultimo metodo di fondazione, il terreno sottoposto all' edificio si viene costipando a poco a poco, e cala di mano in mano che s' innalzano i muri, e che si aumenta il peso che lo comprime, finchè arriva ad aver acquistato quel massimo grado di condensamento, a cui per sua natura si può ridurre; dopo di che desiste affatto dal moversi. Da questi primordiali cedimenti del fondo non deriva alcun inconveniente, purchè accadano equabilmente in tutta l' area della fondazione, in guisa che la superficie della piattaforma, che deve servir di base ai muri, si mantenga costantemente orizzontale. Per questo fine rendesi non lie-

(1) Gauthey. — *Traité de la construction des ponts.* — Lib. IV, cap. I.
(2) Borgnis. — *Traité élémentaire de construction..* Lib III, cap. II.
Rondelet. *Traité de l' art de bâtir.* — Lib. V, sez. I, artic. II.

vemente interessante la precauzione di regolare fin da principio la costruzione de' muri, in modo che il loro alzamento progredisca per tutto ugualmente, onde così la pressione venga crescendo in grado uniforme sopra tutte le parti della base. Ma per mettersi anticipatamente al sicuro da ogni sinistro effetto, la prudenza suggerisce che prima di venire all' impianto de' muri si carichi uniformemente la piattaforma d'un peso, almeno uguale a quello dei muri, che vi si debbono appoggiare, e vi si lasci questo giacere lungo tempo, finchè si vegga cessato ogni cedimento; poichè si avrà così campo di prendere a seconda degli effetti gli opportuni ripieghi, e quando poi si passerà alla costruzione de' muri non rimarrà più alcun timore di nuove mosse.

§. 383. Giova, ed è anzi necessario talvolta, d'impedire quel maggior cedimento della piattaforma, che può derivare dallo spandimento laterale del fondo sottoposto. A ciò si provvede cingendo tutt' all' intorno l'area della fondazione con un robusto riparo spinto alla maggior possibile profondità, e questo si forma di ben lunghi pali interamente affondati, i quali o si pongono a contatto l'uno dell' altro, ovvero a qualche scambievole distanza, lungo il perimetro della piattaforma, chiudendo gl'intervalli lasciati fra un palo e l'altro con palanche piantate esse pure verticalmente nel fondo, unite costa a costa, e fermate ad una traversa orizzontale, che tiene pure collegati i pali. La struttura di simili *palancate* si spiegherà più chiaramente nel seguente capitolo, ove si verrà in proposito di qualche altra circostanza, in cui ne occorre l'uso. Il prefato incassamento diviene poi d'assoluta necessità quando si tratta di muri da fabbricarsi in mezzo all'acqua, ove sia da temersi che il fondo possa essere sconvolto dall' impeto della corrente, e che la fondazione, venendo scalzata all' intorno, possa rimanere indebolita. Quindi frequentissimo n'è l' uso nelle fondazioni de' ponti, ed in quelle de' muraglioni o *moli* che costituiscono le diverse pertinenze de' porti di mare, liberandosi così coteste fabbriche da quei risentimenti, che sarebbero inevitabili effetti delle mine aperte sotto le loro basi dall' acqua, posto che questa trovasse da affrontare un fondo naturalmente debole, e lasciato senza veruna artificiale difesa.

§. 384. Succede assai di rado che s' incontri immediatamente alla superficie del suolo un fondo sul quale i muri possano essere piantati con sicurezza. Bensì di sovente accade che sotto un primo, o alcuni primi strati di materie mal ferme s'incontra ad una discreta profondità un letto solido abbastanza per potervi piantar sopra i muri senza pericolo che si arrenda sotto il loro peso. In questo caso due sono gli espedienti ai quali può aversi ricorso. Il primo consiste nella formazione d'un cavo ampio e profondo in guisa, che per esso venga a mettersi allo scoperto la superficie del sodo per un'area corrispondente alla base del muro che si deve erigere, a fine di stabilire i fondamenti sulla superficie medesima, conguagliata perfettamente a livello. Il secondo espediente porta che si disegni sul terreno la pianta del muro, che si conguagli il suolo riducendolo ad un piano orizzontale, tolta quella prima spoglia più o meno alta di terra vegetabile, o di materie congestizie, che ordinariamente vi esiste; e che quindi si piantino per lungo e per largo delle file di lunghi e grossi pali, battuti a rifiuto di maglio, ond' esser certi che le loro punte vadano a penetrare nel fondo sodo. Ciò fatto si radono le teste de' pali tutte ad uno stesso livello,

e alle teste medesime si appoggia un sistema di travi orizzontali (§. 381), sulle quali si stende la piattaforma di tavoloni, che deve servir di base al muro. Cotesto sistema costituisce quel castello non ha guari accennato (§. 279), mediante il quale trovansi i muri sicuramente sostenuti dallo strato di materia solida, malgrado la cattiva qualità degli strati sovrastanti.

Per quanto si possa fidare nella saldezza del castello, di cui abbiam fatto parola, non mai la fondazione dei muri addiviene tanto sicura quanto nel caso in cui sono immediatamente piantati sopra un letto naturale d'inalterabile consistenza. Per la qual cosa, a meno che gravi circostanze non ostino all'escavazione necessaria per mettere allo scoperto il fondo sodo, ed istabilirvi sopra i fondamenti dei muri, sarà generalmente da preferirsi quest'espediente della fondazione immediata sul sodo, all'altro della fondazione per palificate, quand'anche quello fosse per riuscire più dispendioso di questo. Tuttavia nelle grandi costruzioni idrauliche, per lo più avviene che non potendosi efficacemente, o convenientemente applicare i mezzi dell'arte, dei quali favelleremo nel capo seguente, ed espellere, e tenere lontana l'acqua dal sito in cui dev'essere eretta la fabbrica, e non essendo possibile d'eseguire una regolare escavazione nel fondo per iscoprire il letto solido, giacente a maggiore o minor profondità, non rimane altro partito da abbracciarsi, che quello della fondazione per palificate; il quale è praticabile, malgrado la presenza dell'acqua, per mezzo d'operazioni quanto ardue nell'eseguimento, altrettanto sicure nell'effetto.

§. 385. I pali di fondazione si piantano a rifiuto di maglio col soccorso d'opportune macchine, e con l'uso di confacenti artifizi, se debbono esser battuti sott'acqua, come si vedrà a suo luogo nel libro quarto. Si distribuiscono, conforme già si disse (§. 384), entro il perimetro, e a seconda della figura delle fondazioni, proporzionando il loro numero al carico che debbono tutt'insieme sopportare, a tenore di quanto fu insegnato in addietro al capo VI (§. 234 n.° 6). Fatta la palificazione, e recise le teste de' pali tutte ad un medesimo livello, il castello della fondazione si compie, come già si accennò, mediante un sistema di travi orizzontali, a cui si appoggia la piattaforma, sulla quale debbono giacere i muri. Primieramente sopra ciascuna fila di pali si adatta un architrave o corrente *cc, cc, cc,* ..... (fig. 170 *a*), fermato alla testa di ciaschedun palo *p, p, p,* .... con incastro a maschio e femmina, ovvero anche semplicemente mediante una lunga caviglia di ferro. Alcune volte può giudicarsi sufficiente questa semplice orditura, per addossarvi immediatamente i tavoloni della piattaforma *t t*, i quali vogliono essere collocati perpendicolarmente ai correnti, e uniti ai medesimi con chiodi. Ove occorra di congiugnere i tavoloni in lunghezza, importa d'avvertire che la congiunzione succeda sempre, come apparisce nella figura, addosso a qualche corrente, sul quale si chiodano l'estremità d'ambi i tavoloni; ed è pure interessante d'aver cura, che simili congiunzioni non s'incontrino una di seguito all'altra sul medesimo corrente. Queste precauzioni tendono evidentemente al miglior concatenamento del sistema.

Qualora poi si stimi necessario di corroborare maggiormente il sistema, conviene stabilire sui correnti, e perpendicolarmente ad essi, altre travi *hh, hh, hh,* .... (fig. 170 *b*), che diconsi *traversoni*, corrispondenti sulle file traversali dei pali. Questi traversoni hanno al disotto ad opportune

distanze delle tacche, per le quali si vengono ad incastrare sui dorsi dei correnti *c c, cc, c c....*, ed hanno l'estremità sporgenti dall'uno e dall'altro lato della fondazione, affinchè gli ultimi correnti laterali possano così essere stretti da simili tacche; seppure non si preferisse d'incastrare l'estremità dei traversoni negli ultimi correnti a coda di rondine, come si osserva nella parte destra della figura. Da tale disposizione di correnti e di traversoni nasce così un sistema a forma di graticola, sul quale si stabilisce la piattaforma. Essendo i traversoni incastrati sui correnti nel modo che abbiamo detto, i loro dorsi riescono necessariamente alquanto rilevati su quelli dei correnti: ed in tal caso i tavoloni *t, t, t,....* si pongono fra un traversone e l'altro perpendicolarmente ai correnti, in modo che il piano della piattaforma si confonde con quelli delle facce superiori de' traversoni; vale a dire che questi fanno parte di quello. Ma se, come talvolta si è praticato, i traversoni sono congiunti ai correnti a mezza grossezza, in guisa che i dorsi degli uni e degli altri cadano in un medesimo piano orizzontale, nel qual caso l'estremità de' traversoni vengono connesse ai correnti laterali a coda di rondine, allora i tavoloni sogliono disporsi a seconda de' correnti, fissati con chiodi ai traversoni, siccome si vede nel lato destro della figura. Affinchè poi la piattaforma acquisti una maggiore fermezza, giova d'assegnare agli ultimi correnti, e agli ultimi traversoni, che formano il perimetro della graticola, una grossezza tanto maggiore di quella degli altri, quanta è la grossezza de' tavoloni, onde potervi intagliare un battente interno, nel quale vengono ad incassarsi i lembi della piattaforma.

L'impianto della palificazione deve regolarsi in modo che la piattaforma possa avere un aggetto di due decimetri almeno tutt' all' intorno de' muri di fondamento, dei quali sono date le dimensioni. Ordinariamente le palificazioni si fanno con pali del diametro di 25 o di 30 centimetri. I correnti si fermano con travi di riquadratura uguale al diametro de' pali. Pei traversoni si può far uso di travi d'una riquadratura alquanto minore di quella dei correnti. La piattaforma si compone di tavoloni della grossezza di 10, o 12 centimetri.

§. 386. Finchè il descritto castello di fondazione dev' essere fabbricato in luogo asciutto, l' operazione riesce spedita, mentre i varii membri possono essere senza difficoltà collocati ad uno ad uno ai loro posti rispettivi. Ma se le circostanze portano che il lavoro debba esser eseguito sott'acqua, sarebbe troppo difficil cosa di venirne a capo mettendo in opera i membri uno per volta; e quindi conviene appigliarsi ad altro partito. Si battono i pali, e si recidono a livello le loro teste con macchine di tale artificio, che possono esser maneggiate, e produrre il loro effetto entro l'acqua, delle quali ragioneremo nel quarto libro. Quindi si costruisce a parte la graticola o sulla prossima sponda, ovvero sopra una zattera galleggiante, avendo cura che i correnti e i traversoni riescano disposti in corrispondenza dei filari della palificazione, affinchè niuno di questi membri, quando la graticola verrà posta in opera, abbia da posare in falso. E siccome nelle palificazioni fatte sott'acqua è ben difficile che le file dei pali riescano perfettamente allineate, giova che i correnti abbiano una larghezza alquanto maggiore del diametro dei pali, onde compensare così le piccole irregolarità della palificazione, ed esser sicuri che ciascun corrente si trovi appoggiato sopra tutti i pali del filare a cui sovrasta. Nè si tralascia di fare anticipatamente i buchi, nei

quali dovranno poi entrar le caviglie per fermare la graticola sulle teste de' pali; poichè l' incastro a maschio e femmina dei pali nei correnti (§. 385) sarebbe troppo malagevole da effettuarsi sott' acqua. Fatto questo preparativo si mette la graticola nell' acqua, e si traduce galleggiante sin dove corrisponde verticalmente sul sito della palificazione, in cui ha da essere collocata. Allora sopraccaricandola equabilmente di pesi si fa in modo che cali al fondo, mantenendosi orizzontale, e che venga esattamente ad occupare il luogo che le compete, nel quale viene quindi assicurata mediante il conficcamento delle caviglie. Per la battitura di queste si fa uso d' una verga o paletto di ferro alquanto più lunga della distanza che passa dal pelo dell' acqua al piano della graticola, ed introdotta ciascuna caviglia nel foro già preparato, si applica sulla testa della medesima un' estremità del paletto, e vi si tien ferma, intanto che mantenendo il paletto in positura verticale si percuote col maglio l' altra sua estremità sporgente dell' acqua, mandando giù a furia di colpi la caviglia, finchè sia totalmente conficcata. I vani della graticola sogliono empirsi di sassi o semplicemente composti a secco, ovvero anche talvolta murati in malta.

Con lo stesso metodo si può mettere in opera anche la piattaforma, quando la struttura della graticola è tale, che i dorsi de' correnti, e quelli dei traversoni sono in un medesimo piano orizzontale. In tal caso si mette insieme la piattaforma fuor d' acqua, e vi si forano i buchi pei chiodi; dopo di che si getta nell' acqua, si conduce al suo posto, si adatta sulla graticola, e vi si ferma battendo i chiodi come vi sono battute le caviglie. Ma se i dorsi de' traversoni sono rilevati su quelli de' correnti, bisogna collocare i tavoloni ad uno ad uno, avendoli prima tagliati giustamente, e avendovi fatti i fori pe' chiodi, i quali si conficcano col medesimo artificio già indicato.

§. 387. Qualora la piattaforma dovesse giacere immediatamente sui correnti (§. 385), omettendosi l' uso de' traversoni, si potrebbe formare prima fuori dell' acqua l' unione della piattaforma e de' correnti, per collocare quindi in opera tutt' ad un tempo il composto nel modo poc' anzi spiegato. Ma in questo caso, atteso la mancanza de' traversoni, divenendo più che mai importante d' evitare i falsi posamenti de' correnti, è assai meglio di mettere in opera questi uno per volta, adattandoli, se occorre, alle imperfezioni dell' allineamento de' pali, e chiodandoli sulle teste di questi col solito artifizio. E quindi i tavoloni della piattaforma si potranno porre tutt' insieme in opera, avendoli anticipatamente accozzati in luogo asciutto.

Quantunque nei castelli di fondazione, che si debbono costruire entro l' acqua, si ometta l' incastro de' pali ne' correnti in grazia della troppa difficoltà d' effettuarlo, tuttavia il sistema non riesce da principio men saldo pel semplice ritegno delle caviglie di ferro ed in appresso la natura supplisce poi da sè stessa all' arte; poichè il carico dei muri calcando verticalmente con gagliardissima pressione i correnti contro le teste dei pali produce la compressione locale dei primi (§. 170), a segno che le seconde vi si trovano dopo qualche tempo internate perfino alla profondità di uno, ed anche due centimetri; onde si viene così a conseguire per naturale effetto del carico una connessione non men salda di quella, che si otterrebbe per mezzo d' incastri artefatti.

§. 388. Se l' altezza dell' acqua sul piano della piattaforma non è che di pochi decimetri, s' eseguisce senza difficoltà l' impianto de' fondamenti, sem-

pre che si abbia modo di formare i primi strati di grosse pietre regolarmente tagliate, fino al livello dell'acqua al di sopra del quale si può continuare con qualunque sorta di muramento. Ma molti sono i luoghi che mancano di pietra da taglio, e dove non ne può convenire l'uso, perchè il provvederla di lontano porterebbe ad un eccessivo dispendio. E quando poi fosse l'acqua assai alta sulla piattaforma, non solo impedirebbe di costruire il basamento de' muri con muramento di mattoni, o di piccole pietre in malta, ma sarebbe anche d'insuperabile ostacolo ad una regolare costruzione di grandi pietre da taglio. Per queste svantaggiose circostanze, e nell'ipotesi che il luogo della fondazione non possa essere messo in chiusa, e disgomberato dell'acqua con quegli artifici che riferiremo nel seguente capitolo, l'arte somministra efficaci ripieghi, fra i quali quello dei *cassoni*, ritrovato moderno, e sperimentato con felice riuscita nelle più ardue fondazioni di ponti e d'altri idraulici edifici.

I cassoni altro non sono che grandi macchine di legname di forma consentanea al nome: di figura e dimensioni corrispondenti al muro nella costruzione del quale debbono essere impiegati. Si fabbricano essi in luogo adattato, si lanciano quindi nell'acqua con regolate manovre, e si conducono a galla sul posto ad essi destinato, ove dopo di averli sistemati nella posizione opportuna, si fermano ad immobili capi saldi per mezzo di grosse funi. Allora sul fondo del cassone si comincia a costruire il muro, il peso del quale, di mano in mano che va crescendo, fa calare a basso la macchina, finchè questa giugne ad appoggiarsi o sul fondo naturale semplicemente conguagliato a livello, se questo è di materia soda capace di reggere da sè il peso dell'edificio, ovvero sopra una falange di pali battuti a rifiuto di maglio, se il fondo naturale non promette la necessaria consistenza. Di mano in mano che il cassone si vien affondando per l'avanzamento del muro, si allentano le funi in guisa che la macchina si conservi in equilibrio, e che nel discendere si mantenga nella conveniente posizione, affinchè nel posarsi sul fondo naturale, ovvero sulla palificazione, vada giusto ad occupare il posto assegnatogli. Per la regolarità dell'operazione si richiede che il muramento interno cresca equabilmente in altezza in tutti i punti, onde il cassone si trovi sempre equilibrato. Ed è pure necessario di progredire in tali operazioni senza interruzione, lavorando giorno e notte con buon numero d'artefici, che si riposino a vicenda, per prevenire con la sollecitudine ogni accidente che potesse accrescere la difficoltà, ed alterare la riuscita dell'opera. Quando poi il muro si è avanzato a segno, che l'acqua non possa più fare ostacolo alla sua continuazione, si distaccano i fianchi del cassone, i quali perciò solidamente sì, ma solo a posticcio debbono essere connessi al fondo e si destinano ad altri simili o a differenti usi, mentre il fondo rimane stabilmente in opera a fare sotto i fondamenti le veci d'un'ordinaria piattaforma.

§. 389. In ordine alla struttura debbono i cassoni essere tanto più fortificati quanto più sono grandi, e quanto maggiore è l'altezza dell'acqua in cui hanno ad essere immersi. Generalmente il fondo d'un cassone è composto di travi longitudinali e trasversali, ordinate a modo di graticola, alle quali si attiene una fodera esteriore di tavoloni ben connessi, e calafatati a prova d'acqua. I fianchi sono a forma di telai, ove si distinguono uno zoccolo inferiore, il quale per altro rigorosamente fa parte del fondo

essendo ad esso aderente, e destinato a rimanere in opera stabilmente: ed un corrente superiore, entrambi orizzontali, che tengono collegata una serie di ritti verticali, rinforzati talvolta con membri diagonali, in guisa che ne risulta un sistema somigliante a quello delle porte delle chiuse (§. 361). A questi telai è applicato un rivestimento di tavoloni a giunture calafatate, affinchè non possa penetrarvi l' acqua. Il fondo si fa di figura geometricamente simile a quella della pianta del muro, a cui deve servir di base. La sua grandezza dev' esser tale, che fra i lembi del fondo, o sia fra i fianchi del cassone; e il vivo del muro rimanga lateralmente uno spazio largo per lo meno sei o sette decimetri, il quale dia luogo agli artefici di poter costruire il muro con ordine e speditezza. I fianchi si tengono alti in modo, che possano emergere alquanti decimetri dell' acqua, giunto che sia il cassone a posarsi; e sono corroborati per mezzo di sbadacchi interni, pei quali si rendono fermi contro la pressione, che esternamente vi esercita l' acqua; pressione via via crescente a seconda che il cassone si va sommergendo. Si tolgono poi questi sbadacchi di mano in mano che il muro vien sollevandosi, e che sarebbero d' impedimento alla continuazione del lavoro; ma in compenso non si tralascia di sostituirne altri più corti, inseriti di qua e di là fralle fronti del muro, ed i fianchi del cassone.

§. 390. Questo sistema di fondazioni idrauliche diviene tanto più difficile ed azzardoso quanto più sono grandi i cassoni. La difficoltà si aumenta segnatamente nella manovra di gettar nell' acqua coteste moli, e nel farle calare a fondo in guisa, che vadano a prendere esattamente la posizione che conviene. Il pericolo a cui sono soggetti i grandi cassoni è quello d' inarcarsi, e di scompaginarsi nell' atto che entrano nell' acqua, allorchè per qualche istante non si appoggiano che colle due estremità, cioè da una parte sul fluido, e dall' altra sul cantiere. Per la qual cosa, quantunque non manchino esempi di smisurati cassoni lanciati a salvamento nell' acqua, e situati con tutta la desiderabile precisione, bastando di citare quelli che servirono a Londra nella fondazione delle pile principali del gran ponte di Westminster, i quali furono lunghi m. 26, e larghi circa m. 10, tuttavia nel caso di dover fondare qualche muro continuato sopra una pianta di vaste dimensioni, il partito più conforme alla prudenza è quello di valersi d' una serie di cassoni di grandezza discreta adiacenti l' uno all' altro; di costruire separatamente in questi altrettante porzioni di muro in forma di piloni; e di compire in fine con qualche altro artifizio il muramento negl' intervalli rimasti fra i piloni così costrutti, dopo di aver disarmati i cassoni, vale a dire dopo di aver separati i fianchi. E più semplicemente anche si può proseguire il muro sui piloni, lasciando vani gl' intervalli predetti, e solo costruendo sopra ciascuno di essi una vôlta gittata dall' uno all' altro dei piloni laterali, ad imitazione di quanto fu praticato in Francia dall' Ispettore Generale De Cessart nella fondazione del muro di scalo, o riva murata intorno al porto di Rouen (1).

§. 391. La struttura di un cassone, e particolarmente per quanto appartiene al fondo di esso, è d' uopo che corrisponda allo stato del suolo, sul quale dovrà giacere. Due sono i casi che possono presentarsi: o che il cassone dev' essere posato sopra un terreno sodo semplicemente conguagliato

(1) *Description des travaux hydrauliques de L. A. De Cessart.* — Vol. I, sez. II, artic. V.

a livello ovvero che deve essere stabilito sopra una caterva di pali destinati o a stringere il terreno, e a fargli acquistare forza di reggere il peso dell'edificio (§. 380), o a prender piede in un sottoposto banco di materia soda, e a servir come di colonna in sostegno dell'edificio stesso (§. 384). Nel primo caso il fondo del cassone si costruisce, come dicemmo poc'anzi, a forma di graticola con un rivestimento inferiore di tavoloni, bastando che, se l'impianto de' muri interni vuol farsi con pietre da taglio, tanto i correnti quanto i traversoni sieno a distanza tale l'uno dall'altro, che ciascuna pietra possa appoggiarsi almeno sopra due di tali membri. Ma nel secondo caso, importando grandemente che le travi componenti il fondo si appoggino alle teste di tutti i pali, e non essendo sperabile, specialmente ove l'acqua sia molto alta, che i filari della palificazione riescano perfettamente allineati, in modo che un medesimo corrente possa coprire esattamente le teste di tutti i pali d'uno stesso filare, il migliore espediente da adottarsi è quello di formare il fondo del cassone d'una serie di correnti a contatto l'uno dell'altro, incassati all'intorno in uno zoccolo unito a guisa di telaro, ed incatenati da varii ordini di traverse: omettendo il rivestimento di tavoloni, che sarebbe inutile, qualora l'unioni de' correnti sieno ad esatto combaciamento, e calafatate in modo, che l'acqua non vi si possa insinuare.

Dietro i premessi cenni gioverà di riferire qualche luminoso esempio desunto dalla storia dell'arte, affinchè si possa acquistare una più chiara idea della struttura dei cassoni, non solo per quanto concerne le diverse maniere di comporre il fondo secondo la distinzione testè fatta, ma ben anche per tutto ciò che appartiene alla costruzione dei fianchi, e alla concatenazione di tutte le parti della macchina.

§. 392. La fondazione delle rive murate davanti il pubblico palazzo nel porto di Tolone fu eseguita per mezzo di cassoni sopra un letto naturale di terreno consistente, espurgato dal limo da cui era coperto, e conguagliato a livello sotto una profondità di acqua di circa m. 6,50. Ciascuno dei cassoni adoperati aveva prossimamente la lunghezza di m. 19,50, la larghezza di m. 3,90, e l'altezza di met. 7,50. Nelle figure 171, e 172 vedesi delineata la struttura de' fianchi, e del fondo d'uno di tali cassoni, come appariva guardandola dalla parte di dentro. Il fondo è contornato da un telaro, che serve di zoccolo ai fianchi, composto di travi della riquadratura di circa met. 0,27, connessi ad incastro negli angoli: e quindi l'ossatura del fondo medesimo d'altro non è composta che di tre correnti longitudinali della suddetta riquadratura distribuiti ad uguali scambievoli distanze, con i loro capi uniti ad incastro con lo zoccolo. Al di sotto di tale ossatura vedesi aderente il rivestimento di tavoloni della grossezza di circa met. 0,11. L'ossatura de' fianchi è formata di ritti verticali connessi allo zoccolo con incastri esteriori a coda di rondine e posti ad una vicendevole distanza doppia di quella che passa fra i correnti del fondo; i quali ritti sono collegati per mezzo di varii ordini di fasce orizzontali chiodate di piatto ai medesimi, larghe circa met. 0,27, grosse un terzo meno, e distribuite a distanza di m. 1,50 l'una dall'altra da mezzo a mezzo. Le fasce abbracciano i ritti per mezzo di tacche profonde la metà della grossezza di esse, e sono fermate ai medesimi con chiodi. Negli angoli del cassone per fortezza sono chiodati dei pezzi di legno prismatici, uno ad ogni cantonata

per ciascun ordine di fasce, come vedonsi indicati nelle figure. Fra i ritti sono applicati verticalmente, e chiodati alle fasce, i tavoloni, i quali con l'estremità inferiori vanno ad incastrarsi in un canale incavato a bella posta lungo il dorso dello zoccolo. Per traverso entro il cassone vedonsi collocati tanti ordini di sbadacchi quanti sono gli ordini delle fasce, essendo a queste appoggiate l'estremità di quelli con incastro a piccola parte della grossezza; in modo che in ciascun ordine cade uno sbadacchio in tutti i punti, ove due ritti si corrispondono uno dirimpetto all' altro ne' due fianchi opposti. Sulle facce esteriori de' ritti sono fermati con chiodi tre ordini d'anelli, o piuttosto maniglie di ferro, in cui andavano infilati i canapi che servivano a tenere in equilibrio i cassoni, ed a regolarne la discesa.

Entro cotali cassoni, di mano in mano che venivano lanciati nell'acqua e situati in corrispondenza della pianta del muro da costruirsi, s' incominciava e si proseguiva il muramento in grossezza di met. 2,60 finchè ciascuno de'cassoni giugnesse ad assettarsi al suo posto, e quindi finchè il lavoro interno fosse portato all' altezza di met. 0,65 sotto il pelo dell' acque ordinarie. Allora si sospendeva il muramento, e fatta la stessa operazione in tutti i cassoni, si lasciava tempo sufficiente ai muri di prendere consistenza; dopo di che si disarmavano i cassoni per poter unire tutti i piloni fabbricati, e compire il muro, costruendo quelle parti che erano rimaste vuote negli intervalli fra un pilone e l'altro; ciascuno de'quali intervalli era lungo poco, più poco meno di met. 0,65. Gli sbadacchi interni venivansi rimovendo di mano in mano che divenivano d'impedimento alla continuazioue del muro; e secondo quanto fu già detto (§. 389) si sostituivano ad essi de'corti sbadacchi posti fra i fianchi del cassone, ed alcuni tavoloni che appositamente si adattavano alla fronte del muro fatto.

Il Belidor, a cui dobbiamo queste notizie intorno alle operazioni per mezzo delle quali fu condotta a buon termine la fondazione del detto muro di riva al porto di Tolone (1) ci offrirebbe altri interessanti ragguagli di simili intraprese; fralle quali la più ardita fu quella della fondazione del ponte di Westminster, ove dal valentissimo costruttore Labeye, Ingegnere svizzero, furono per la prima volta messi a prova i cassoni con felicissima riuscita. Ma siccome questo, e gli altri casi riportati dal Belidor, coincidono tutti nell' essenziale, poichè hanno di comune la circostanza, che i cassoni dovevano giacere sopra un semplice letto naturale di materia solida, e diversificano soltanto nelle particolarità, le quali in tutte le grandi operazioni sono abbandonate alla sagacità degl' Ingegneri, e vogliono essere giudiziosamente accomodate alle circostanze de' luoghi, e alle condizioni delle fabbriche, così possiamo esser paghi dell'esempio che abbiamo riferito; e passeremo quindi a considerar qualche esempio dell' uso dei cassoni, nel caso in cui, attesa la cattiva qualità del terreno, sia d' uopo d' addossarli ad una palificazione.

§. 393. Fu nella costruzione del ponte di Saumur, opera del De Cessart, (2), che per la prima volta si tentò di stabilire una fondazione a cassoni sopra un' area palificata. Nuovo sperimento ne fece il medesimo

(1) *Architecture hydraulique.* Parte III, lib. III, cap. XI.

(2) Vedi la più volte citata descrizione dell'opere da lui eseguite. Vol. I, sez. I, artic. XVIII.

De Cessart nella fondazione della riva murata di Rouen (1); e quindi nella stessa maniera furono fondati a Parigi, a traverso la Senna, sui primi di questo secolo i ponti del Louvre, d'Austerlitz, e di Jena. I cassoni adoperati al ponte di Saumur, e alla riva di Rouen peccarono d'eccessiva pesantezza; ed altrettanto può dirsi di quelli che furono impiegati ai ponti d'Austerlitz e del Louvre. Ma l'Ingegnere Lamandè nella costruzione del ponte di Jena, evitando l'accennato difetto, ridusse la struttura de'cassoni, siccome decide giustamente il Gauthey (2), a tutta quella semplicità e perfezione che potevano desiderarsi. Laonde ci limiteremo a spiegare in qual foggia fossero costrutti i cassoni dell'ultimo prefato ponte, i quali offrono il miglior modello pei casi, nei quali un sistema di cassoni si vuol far servire all'impianto di qualche fondamento sopra un terreno palificato.

Le figure 173, 174, 175, 176 mostrano geometricamente in tutti gli aspetti la struttura d'un cassone, che servì per la fondazione d'un'intera pila nel ponte di Jena. Nella fig. 176 si vede a destra la pianta di tutto il sistema, ed a sinistra quella del semplice fondo. La fig. 175 fa vedere a destra la struttura esterna de'fianchi longitudinali rappresentata sopra un piano che spacca in mezzo per lungo la macchina; ed a sinistra la sezione longitudinale del cassone. Nella fig. 174 apparisce la struttura esteriore de'fianchi in una dell'estremità del cassone: e finalmente nella fig. 173 lo spaccato trasversale. La lunghezza del cassone è di met. 20,30 la sua larghezza di met. 6, e l'altezza di met. 3,60.

Il fondo del cassone è contornato da un telaio, o zoccolo ricorrente, formato con travi larghe met. 0,45, grosse met. 0,30, congiunte con adattati incastri tanto nelle articolazioni angolari, quanto in quei punti, ove l'insufficiente lunghezza dei pezzi potesse richiederlo. Questo telaio contiene una serie continuata di traverse della grossezza di m. 0,22, comunque larghe, unite accuratamente costa a costa, e connesse ad incastro allo zoccolo. Quest'incastro dell'estremità delle traverse nello zoccolo è generalmente a maschio e femmina, come si osserva nella fig. 173; ma di tanto in tanto per maggior fortezza l'incastro è fatto a coda di rondine. Le traverse sono tutte collegate per mezzo di cinque correnti longitudinali grossi m. 0,22, e larghi il doppio, assicurati a ciascuna traversa con una caviglia a barbone; due de' quali sono lateralmente aderenti allo zoccolo, e gli altri tre distribuiti nel mezzo ad uguali distanze, come apparisce nelle fig. 173, 176. Oltre gl'interpolati incastri a coda di rondine delle traverse nello zoccolo, a rendere più stabile l'unione di quelle con questo, e ad impedire lo sfiancamento laterale del sistema, contribuisce di molto una serie di chiavarde, che vedonsi nelle stesse fig. 173, 176, e le di cui teste appariscono anche nella parte destra della fig. 175. Ognuna di tali chiavarde passa orizzontalmente a traverso lo zoccolo e penetra lungo una traversa, trovando in fine un incavo fatto a bella posta nella traversa medesima, il quale permette di stringere la chiavarda con la sua madrevite, che viene a rimaner nascosta nello stesso incavo; il che per quanto la piccolezza della scala ha potuto comportarlo, si è rappresentato nella fig. 173. Le connessioni angolari de' pezzi componenti il telaio sono formate con incastro a maschio

(1) Descrizione delle opere da lui eseguite. Vol I, sez. II.
(2) *Traité de la construction des ponts.* — Lib. IV, cap. III, sez. V.

e femmina, essendo però il maschio più grosso dalla parte interna, che dall' esterna, e più alla estremità che all' origine; maniera validissima ad impedire il distacco delle parti congiunte, quantunque per maggior sicurezza non sia omesso di fortificar gli angoli del telaio con buone squadre di ferro incavigliate (fig. 174, 175). Le giunture dello zoccolo per lungo, ove non si hanno pezzi che prendano tutta la lunghezza laterale del telaio, son fatte con incastri a maschio e femmina, e legate con bande di ferro, fermate esternamente per mezzo di grossi chiodi.

I fianchi del cassone sono composti di ritti della riquadratura di m. 0,30, distanti tre metri circa l' uno dall' altro, incastrati inferiormente nello zoccolo a maschio e femmina. Lateralmente nei ritti sono incavati i canali, o gargami verticali, nei quali s' inseriscono per traverso i tavoloni della grossezza di m. 0,07; l' infimo dei quali s' incastra in un simile canale incavato sul dorso dello zoccolo (fig. 173, 175). Fra un ritto e l' altro i tavoloni sono collegati da tre fasce della grossezza di m. 0,08, una in mezzo verticale, e due al di qua e al di là oblique, convergenti dai piedi dei ritti laterali alla sommità della fascia intermedia (fig. 174, 175). Queste fasce sono chiodate ai tavoloni, e i loro piedi entrano a maschio e femmina nello zoccolo. Ciaschedun ritto è collegato con quello che gli corrisponde nel fianco opposto da catene trasversali della riquadratura di m. 0,25, che abbracciano ad incastro le sommità dei ritti medesimi, e quindi tutt' all' intorno il sistema è legato al di sopra da altre catene longitudinali ed oblique fermate con caviglie sulle catene trasversali, e congiunte fra loro a semplici ingambellature (§. 377).

§. 394. Le diverse parti che compongono un cassone vogliono esser unite con tutta la possibile accuratezza, affinchè l' acqua non trovi adito da penetrare nell' interno della macchina; pel qual fine le giunture vanno tutte perfettamente calafatate, e tutta la superficie esteriore del cassone spalmata di pece. Ma siccome i fianchi sono destinati ad esser separati dal fondo del cassone, quando il muramento interno è giunto a tale altezza, che l' acqua non sia più in caso d' impedirne la continuazione (§. 388), così è necessario che queste parti sieno unite in modo, che il distacco possa effettuarsi a tempo debito con facilità e prontezza. Ingegnosi espedienti furono adoperati per quest' effetto nella fondazione del ponte di Westminster, ed in quella del ponte di Saumur; ma il più semplice ed il più efficace di tutti fu quello di cui si valse il Lamandé nei testè descritti cassoni del ponte di Jena; e quindi ci contenteremo di riferir questo soltanto, non potendo ormai più lungamente diffonderci su quest' argomento. Ecco dunque qual fu l' artifizio di cui si valse il Lamandé, e che vedesi accennato nelle fig. 173, 174, 175. L' estremità delle catene trasversali sono pertugiate verticalmente, in guisa che possa passare per ciascuna di esse una spranga di ferro cotanto lunga che arrivi ad afferrare mediante un anello, o vogliam dire un' *asola*, che è alla sua estremità inferiore, un rampino rivolto verticalmente dall' alto al basso, ed infisso allo zoccolo lungo la linea verticale che passa pel pertugio della catena superiore. L' estremità superiore della spranga è fatta a vite, ed ha una corrispondente madrevite, la quale avendo per limite della sua discesa il dorso della catena, secondo che è girata in un senso o nell' altro, ritira in alto, ovvero spinge a basso la spranga. Ciò posto facilmente si concepisce, che fatto aggrappare il rampino

dall' asola che sta al piede della spranga, e stretta la madrevite per quanto si può: e poste in questa medesima condizione tutte le spranghe, saranno dalle medesime ritenuti i fianchi strettamente uniti al fondo del cassone; e che quando poi si allenteranno le madreviti, e si estrarranno l' asole dai rampini, non vi sarà più alcun legame fra i fianchi ed il fondo della macchina, e quindi gli uni potranno agevolmente esser sollevati, e distaccati dall' altro, per servire alla formazione d' altri cassoni, ovvero ad altri usi.

§. 395. Diremo anche brevemente quali metodi siensi adoperati per mettere nell' acqua i cassoni, dopo che sono stati costrutti in luogo appartato sulla riva del fiume, o sulla spiaggia del mare. Quest' è un' operazione facile quando si tratta di piccoli cassoni; ma trattandosi di grandi macchine richiede molta circospezione, e si eseguisce per mezzo di manovre analoghe a quelle che servono a varare le navi. Sulle coste dell' Oceano, ove i fenomeni della marea succedono in grande, può trarsene profitto per agevolare simili operazioni, come di fatti il De Cessart con ingegnosissimo artifizio se ne prevalse nella fondazione della chiusa di Dieppe (1). Ma cotesto vantaggio non può aversi lungo i nostri mari, nei quali il detto fenomeno è pressochè insensibile. In generale i cassoni vogliono essere spinti nell'acqua nella direzione della loro larghezza, a fine di allontanare il già accennato pericolo che s' inarchino, quando il fondo si appoggia soltanto con le due estremità, da una parte sui cantieri, e dall' altra sull' acqua (§. 390).

Il Belidor ha tralasciato di narrare in qual modo fossero lanciati nell' acqua i cassoni della riva murata di Tolone (§. 292). Quelli del ponte di Westminster, siccome riferisce lo stesso Belidor (2), furono fabbricati in una riva bassa del Tamigi soggetta ad esser coperta dalla crescente, dirimpetto al luogo in cui dovevano essere messi in opera, sopra un palco orizzontale elevato m. 0,65 sul pelo delle colme ordinarie, e sostenuto da una serie di cavalletti paralleli all'acqua, distanti m. 2,27 l' uno dall' altro, e disposti in modo che avendo ciascuno per zoccolo una trave ritenuta dalla parte del fiume da due pali ficcati in terra, si potevano tutti contemporaneamente piegare verso il fiume con un regolato moto rotatorio; per cui il palco ed il sovrapposto cassone concepivano insieme un movimento di discesa, e di traslazione orizzontale, e venivano a poco a poco ad immergersi nell' acqua, ove il cassone galleggiando veniva poi speditamente trasportato al sito destinatogli. Siccome con questo metodo il cassone si trovava continuamente col fondo appoggiato sul palco, così non essendovi il pericolo poco fa accennato, che potesse inarcarsi entrando nell'acqua, non si ebbe difficoltà di lanciarlo nel fiume per lungo, cioè con una delle punte in avanti.

§. 396. Al ponte di Saumur, non avendosi il benefizio della marea, e l' acqua della Loira essendo non di rado bassissima nella stagione opportuna pei lavori, conobbe il De Cessart (3) che non era praticabile l' espediente adoperato al ponte di Westminster, e pensò quindi a valersi d' un altro artifizio. Scelto un sito a proposito presso la riva, l' espertissimo costruttore fece stabilire un castello composto di tre filari di pali collegati

(1) V. la più volte citata descrizione delle sue operazioni idrauliche — Vol. II, sez. I, artic. IX.

(2) *Architecture hydraulique.* — Parte II, lib. III, cap. XI.

(3) *Description des travaux hydrauliques.* — Vol. I, sez. I, artic. XIX.

da opportune traverse, e coronati da altrettanti architravi con tale disposizione, che nel di sopra di questo sistema potesse giacere il cassone, posto il suo asse parallelamente alla riva. L' architrave del filare verso il mezzo del fiume era a livello del pelo magro, e gli altri due un metro circa più alti; quello però presso la riva un poco meno. Sugli architravi, dei quali quello di mezzo aveva rotondato il dorso, furono posati per traverso otto correnti, o cantieri, e messi a livello per mezzo di corte travi in piedi, denominate *tacchi*, e di zeppe inserite orizzontalmente; e quindi addosso a questi cantieri fu costrutto il cassone situato in guisa, che l'asse longitudinale del fondo, e per conseguenza il centro di gravità della macchina, cadesse a distanza di m. 0,16 dall'architrave di mezzo dalla parte di terra. Per tale positura eccentrica, e per la forma superiore convessa dell' architrave di mezzo, quando alla prima si toglievano le zeppe di sotto ai cantieri dalla parte della riva, il sistema spontaneamente veniva ad inclinarsi da quel lato, onde si aveva campo di levare i tacchi, e le zeppe dal lato opposto. Ridotte le cose a questo stato, per mezzo di martinetti si sollevava a poco a poco il sistema dal lato di terra, finchè i cantieri giungevano a trovarsi inclinati verso il lato opposto, facendo con l' orizzontale un angolo di 20°. Allora il cassone da sè medesimo discendeva lungo i cantieri, e andava ad immergersi nel fiume. I cantieri erano collegati insieme da sottoposte traverse, e portavano inferiormente infissi dalla parte della riva dei gattelli aderenti all'architrave di mezzo, i quali servivano ad essi di ritegno, affinchè potesse il cassone discendere senza trasportar seco anche i cantieri.

§. 397. Nella costruzione del ponte di Jena, come pure di quello del Louvre, e di quello d'Austerlitz, furono varati i cassoni della fondazione con un metodo più semplice e più sicuro de' precedenti. Fu formato lungo la riva un castello declive verso l' acqua, di lunghezza uguale a quella dei cassoni, mediante una serie di cantieri inclinati, ognuno dei quali era sorretto da varie coppie di pali d'altezze decrescenti, portando ciascuna di tali coppie presso la sommità una traversa, che teneva legati insieme i due pali, e serviva d' appoggio al cantiere. Nella parte superiore di questo castello era stabilito un palco orizzontale composto di traverse corrispondenti sui primi filari delle coppie di pali, delle quali la prima verso terra giaceva sull' estremità de' cantieri, e l' altre erano sostenute a giusta altezza per mezzo di zeppe e di tacchi sottoposti, corrispondenti sulle varie coppie di pali. Alle dette traverse erano addossati de' correnti in corrispondenza de' cantieri, e su questi veniva costrutto il cassone; il quale poi, togliendosi regolatamente le zeppe ed i tacchi di sotto alle traverse, e mandandosi queste a contatto de' cantieri, veniva a trovarsi sopra un piano inclinato, lungo il quale per sè stesso discendeva entro il fiume (1).

§. 398. Sembra che il metodo più spedito e meno azzardoso per metter nell' acqua i cassoni sia quello che fu adoperato per le fondazioni della forma di Tolone (2), e che meriti perciò d'essere preferito a tutti gli altri. Bisogna costruire entro l' acqua una zattera formata di molte botti vuote, riunite insieme per mezzo di travi d' abete, sulla quale si fabbrica il cas-

(1) Gauthey. — *Traité de la construction des ponts.* — Lib. IV, cap. III, sez. V.
(2) V. la stessa opera di Gauthey nel luogo precitato.

sone. Quindi si sturano le botti tirando con forza le funi, che appositamente si erano legate ai turacci delle medesime; e così riempiendosi queste d'acqua, la zattera si sommerge, ed il cassone rimane libero a galla.

§. 399. Quando si debbono varare dei cassoni molto grandi, ed il metodo con cui va ad eseguirsi l'operazione dà motivo di temere che i cassoni patiscano inarcandosi quando entrano nell'acqua, è ben fatto di premunirli con interne armature provvisionali, capaci d'impedire siffatte perniciose alterazioni. L'armature si applicano sul fondo del cassone, e consistono in travi semplici, o armate (§. 269), postevi per traverso, e se occorre anche per lungo, per provvedere al caso che una dell'estremità della macchina, discendendo più rapidamente dell'altra, il cassone venisse ad entrare obliquamente nell'acqua; e sono assicurate al fondo medesimo per mezzo d'opportune ferrature, che diconsi *tirafondo*. Si tolgono tali armature tostochè il cassone si è sistemato perfettamente nell'acqua. Con tale artifizio furono varati a salvamento i grandi cassoni che servirono alla fondazione delle testate del rammemorato ponte di Jena.

§. 400. Il modo più spedito di supplire alla discontinuazione del muramento eseguito entro diversi cassoni, è quello che, come già si disse (§. 390), fu adoperato dal De Cessart nella fondazione della riva murata di Rouen, coprendo di piccole volte i vani che rimangono fra un pilone e l'altro, quanto più a basso lo permette l'altezza dell'acqua. Qualora poi non piacesse di adottare cotesto temperamento, sebbene non si vegga verun motivo convincente per cui possa mai convenire di rigettarlo, sarebbe forza di costruire il muro entro gl'intervalli de' piloni con qualche adattato ripiego. Nella fondazione della riva murata di Tolone, di cui abbiamo parlato (§. 392), dopo che erano stati disarmati i cassoni, s'intestarono lateralmente i vani fra un pilone e l'altro con piccole *paratìe*, formate di palanche piantate verticalmente una accosto all'altra, in continuazione delle fronti de' piloni, e quindi si versò nello spazio rinchiuso un impasto di sassi e di cemento, capace di far pronta e forte presa entro l'acqua, compiendo la colmatura fino all'altezza del pelo magro; al di sopra del quale si potè proseguire con un muramento regolare su tutta l'estensione del basamento continuato.

L'Ingegnere Lamandé nella fondazione della riva murata di Billy non si contentò di riempire gl'*interpiloni* con un muramento a sacco, ma volle costruirvi il muro d'opera regolare non diversa da quella delle parti costrutte entro i cassoni; e quindi gli fu d'uopo non solo di recingere ciascun vano, ma di chiuderlo a stagno, e d'espellerne l'acqua per potervi eseguire il divisato lavoro. I cassoni di figura rettangolare furono affondati uno presso l'altro in modo che lo zoccolo laterale dell'uno fosse parallelo a quello del cassone contiguo, e distante dal medesimo non più di 25 o 30 centimetri. Quindi fra i due zoccoli fece inserire ed assicurare saldamente una trave, che ne chiudesse esattamente l'intervallo, essendo stata per tale effetto ravvolta in un telo di lana inzuppato d'olio. Fece poscia distaccare i fianchi dei due cassoni, dai quali era intersecato l'interpilone, lasciando sussistere i fianchi paralleli alle fronti, e dopo d'aver fatto chiudere l'aperture, che rimanevano dall'una e dall'altra parte fra il fianco frontale dell'uno, e quello dell'altro cassone, per mezzo di tavoloni calati entro i gargami verticali, che a bella posta erano stati intagliati preventi-

vamente nei ritti angolari di tutti i cassoni, fece formare delle piccole chiuse, o *ture* di terra argillosa fra i fianchi de' cassoni, e le fronti dei piloni laterali per chiuder l'adito all'acqua esterna, e fece battere uno strato della stessa terra argillosa sulla congiunzione de' fondi a fine d'impedire le filtrazioni dell'acqua al di sotto. Messa allora in opera una vite d'Archimede si potè sgombrare dall'acqua l'interpilone, e fabbricarvi regolarmente il muro in continuazione del lavoro già eseguito dentro i cassoni.

Il descritto espediente, il quale produsse un soddisfacente effetto nelle circostanze, in cui ebbe occasione di sperimentarlo il Lamandé, diverrebbe impraticabile come il Gauthey avvedutamente fa avvertire (1), le quante volte i fondi de' cassoni fossero molto bassi sotto il pelo magro dell'acqua, ovvero per la forma del terreno sottoposto dovessero giacere in diversi piani di livello. E sarebbe quindi indispensabile in questi casi di adottare il metodo del muramento a sacco, ovvero di prendere il temperamento delle volte, il quale, come abbiamo già avvertito, è sempre di facile esecuzione, e di non dubbio effetto.

CAPO XV.

DELL'USO DEL LEGNAME IN ALCUNI LAVORI PROVVISIONALI.

§. 401. Diconsi lavori *provvisionali*, ed anche lavori di *servizio*, tutti quelli, i quali non costituiscono alcuna parte integrante della fabbrica, ma sono bensì necessari o per poter eseguire le operazioni edificatorie, ovvero per sostenere in modo di provvisione qualche parte dell'edifizio, finchè sia in istato di reggersi, assicurata pel contrasto, o pel sussidio d'altre parti ad esso unite. Cotesti lavori sono generalmente di breve occorrenza: talora esigono d'essere ampliati, o sminuiti, o variati nel corso delle operazioni secondo i progressi della fabbrica; e debbon in fine essere disfatti senza che ne rimanga vestigio, abbisognando però talvolta di replicarli in diverse parti dello stesso edifizio. Quindi si deduce la convenienza di costruirli, conforme comunemente si pratica, di legname, affinchè possano essere fatti, disfatti, e mutati con la massima speditezza, e con la minima perdita di materiale.

§. 402. Comprenderemo in questa categoria, ed esamineremo ad una ad una cinque interessanti specie di lavori, e sono le seguenti.

1.° Palchi o castelli necessari per eseguire le varie operazioni edificatorie nella costruzione delle parti più o meno elevate degli edifizi. Sono questi conosciuti nell'arte sotto la denominazione di *ponti* o *armature di servizio*.

2.° Dighe provvisionali, per mezzo delle quali si mette in chiusa lo spazio che dev'essere occupato da una fabbrica, per poter espellere l'acqua da cui è ingombrato, e costruirvi a mano i muri con una regolare struttura. Queste si distinguono col nome di *ture*.

3.° Recinti di legname, che servono come di cassa o di forma per la costruzione a sacco de' muri entro l'acqua, ed impediscono che le materie cementizie versatevi dentro si espandano fuori dello spazio stabilito, e si

(1) Nella sua opera e nel luogo ultimamente citati.

sciolgano nel fluido circostante prima che abbiano preso corpo e consistenza. I lavori di questa specie, di cui è frequente l'uso nell'opere marittime, diconsi *paratìe*.

4.° Armadure destinate a sorreggere le volte, e gli archi di muro mentre vengono fabbricati, finchè sieno chiusi, ed abbiano fatto presa. Esse chiamansi anche *centinature*.

5.° Armamenti o castelli per mezzo de' quali si puntellano, e si mettono provvisionalmente al sicuro le parti d'un edifizio che minaccia ruina, fintantochè questo con l'opportune riparazioni venga stabilmente rimesso in istato di sicurezza. Comunemente a questi lavori si dà il nome di *puntellature*.

§. 403. I ponti di servizio per le piccole altezze, si possono formare coi semplici cavalletti de' muratori, comunemente noti, ponendoli a giusta distanza paralleli l'uno all'altro, e stendendovi sopra un suolo di tavoloni o di piane. Per le maggiori altezze si costruiscono dell'armature generalmente composte di legni verticali, che diconsi *candele*, collegati da varii ordini di traverse orizzontali, più comunemente denominate *traversoni*, ai quali s'appoggiano i travicelli che costituiscono l'orditure dei varii piani del ponte. Questi piani si compiscono, e si rendono praticabili distendendo sopra i travicelli degli strati di piane o di tavoloni.

In alcuni paesi per la costruzione delle piccole fabbriche, ove i ponti di servizio non abbiano che a sostenere gli operai, non si adoperano per la struttura di essi ponti che semplici pertiche. Alcune di queste sono poste verticalmente a far l'uffizio di candele, allineate parallelamente alle fronti esterne de' muri della fabbrica, a giusta distanza l'una dall'altra, e dalle fronti dei muri, e con l'estremità inferiori ficcate alcun poco in terra o inviluppate in tanti piccoli ammassi di cemento murale. All'altezza di circa m. 2,50 da terra le candele sono collegate da un ordine di pertiche orizzontali in forma di traversa, e ritenute da altre pertiche orizzontali a foggia di catene che hanno un'estremità saldata nel muro alla profondità di circa m. 0,33. Tanto le traverse quanto le catene sono fermate alle candele con semplici allacciature di corda. Di mano in mano che i muri si vengono innalzando, si protrae in alto l'armatura, allungando le candele con allacciarvi in continuazione nuove pertiche, e disponendo altri ordini di traverse, e di catene a distanza verticale di m. 2,50 l'uno dall'altro. Sulle catene de' varii ordini si pongono a giacere i tavoloni, che formano i diversi piani praticabili dell'armatura. La sicurezza di questi ponti dipende singolarmente dalla disposizione e dalla fermezza dell'allacciature, e quindi importa moltissimo che s'invigili affinchè sieno eseguite con ogni cautela. E qui prenderemo occasione d'osservare quanto sieno da biasimarsi quegli Architetti, i quali unicamente intenti a ciò, che direttamente riguarda alla perfezione della fabbrica, abbandonano tutto il pensiero della costruzione dell'armature agli artefici, gente per lo più materiale, e che ordinariamente poco o nulla apprezza i pericoli, ai quali è abituata; essendo pur troppo frequenti gli esempi delle funeste conseguenze portate da tale improvvida condotta di coloro, ai quali è affidata la direzione degli edifici, e sono garanti non solo della riuscita dell'opera, ma ben anche di tutti gli effetti delle corrispondenti operazioni.

§. 404. Generalmente in Italia si costruiscono i ponti di servizio con

travi di maggiore o di minore riquadratura, a seconda della maggiore o minore robustezza che vien richiesta dalle circostanze; e specialmente allorquando non si ha il solo scopo di mettere gli artefici a portata d' operare con agio e sicurezza nelle parti elevate della fabbrica, ma si destina di più l' armatura a servir di castello per l' innalzamento di grossi e pesanti materiali, come travamenti, e grandi massi di pietra. Nelle armature che non debbono esercitare molta resistenza, si formano le candele di semplici travi più o meno grosse, a norma dell' occorrenza, congiunte in lunghezza per mezzo d' opportune giunture, o testa a testa con istecche e con cerchiature di ferro: o con l' estremità unite margine a margine, o sia ingambellate, ed assicurate con semplici staffe di ferro; ovvero col rinforzo d' un gattello (§. 242 n.° 8, 15, e 16). Ma in quelle armature che debbono servire a grandi manovre, e reggere straordinari carichi le candele si formano di travi composte, cioè unite a due, a quattro, o a sei secondo il bisogno, come fu già altrove spiegato (§. 243). Le candele vengono disposte a distanza circa m. 6, l' una dall' altra in una fila parallela alla fronte dell' edificio, e distante dalla medesima fronte più o meno, corrispondentemente alla qualità dell' operazioni a cui l' armatura dovrà servire. I piedi delle candele sono inseriti in uno zoccolo orizzontale giacente sul terreno il quale può consistere in un semplice trave, ovvero essere composto di due, o di più travi aderenti l' uno all' altro secondo la minore o maggior riquadratura delle candele, che vi si debbono appoggiare. Le traverse orizzontali sono messe a distanza verticale di due, o di tre metri l' una dall' altra, fermate alle candele con caviglie di ferro, e sostenute da gattelli chiodati alle candele medesime. I travicelli sono appoggiati da un capo sulle traverse e dall' altro sul muro, in cui si lasciano appositamente de' buchi, i quali si chiudono in fine quando si demolisce l' armatura. Altri opportuni membri di rinforzo possono aggiungersi, se si credono necessari, qualora sui ponti debbano essere maneggiati dei pesi straordinari.

Nella Francia, dove non abbondano come in Italia le belle travi di castagno e d' abete della lunghezza di 11, e di 14 metri, sono costretti a comporre l' armature di travi di querce non più lunghe di tre in quattro metri. Quindi non possono attenersi a quella semplice e solida struttura che è propria delle nostre armature, e debbono supplire alla cortezza delle travi con una quantità d' incastri, di catene, di saettoni, e di ferramenti. E quindi, oltre che ne risulta una struttura assai complicata a confronto della nostra, ne deriva anche, in grazia dei tagli che occorrono pei moltiplici incastri, una perdita di legname, che non avviene nel nostro sistema, in cui tutte le congiunzioni sono meramente assicurate per mezzo di chiodi e di caviglie di ferro; onde se ne traggono i legnami pressochè illesi.

§. 405. Havvi un' altra maniera d' armature di servizio, che diconsi *pensili*, atteso che sono stabilite senza il sostegno delle candele, e si reggono pel legname, e pel contrasto scambievole di ben combinati membri appoggiati e ritenuti sui muri dell' edifizio. Di simili armature si fa uso o per risparmio di legname, quando non occorrono i ponti che nelle parti più elevate di qualche grande edifizio, ovvero a fine di non imbarazzare le strade adiacenti alla fabbrica, o l' area da essa racchiusa; o pure finalmente allorquando la fronte d' un muro sorge dall' acqua, ove non sarebbe possibile

d'erigere un'armatura secondo l'ordinario sistema. L'armature pensili non hanno nulla di costante e di generale nella struttura, ma conviene che questa si adatti alla forma, e all'altre circostanze particolari dell'edifizio, e alle qualità dell'operazioni che sono da eseguirsi nei varii stadi, e per le diverse occorrenze della costruzione. La perfezione di esse consiste nel corrispondere aggiustatamente allo scopo dell'operazioni, nel modo il più solido, e nello stesso tempo il più semplice. Quindi questa sorta d'armature offre una di quelle occasioni, in cui particolarmente possono risplendere l'ingegno e l'intelligenza meccanica del costruttore.

Fu degna dell'ammirazione di tutti gl'intelligenti la grand'armatura pensile, che l'Architetto Amati fece innalzare, non sono molti anni, per compire la facciata del Duomo di Milano. Aveva essa oltre a 65 metri d'altezza, e potè servire all'innalzamento di smisurati massi di pietra del peso di 7000 chilogrammi e più (1). Belle armature dello stesso genere furono quelle di cui si valse a Parigi il Rondelet, siccome esso medesimo riferisce (2), per la costruzione della cupola del nuovo tempio di santa Genueffa e per la restaurazione dei piloni della cupola medesima. E sopra tutte ingegnosissime sono l'invenzioni di maestro Nicola Zabaglia, le quali servono tuttora di modello nella costruzione dell'armature pensili, che occorrono di continuo per gl'interni ed esterni ristauri del mirabile edificio di S. Pietro in Vaticano (3). Non potendo impegnarci a troppo lunghe spiegazioni, ci contenteremo d'aver additati questi più eccellenti esemplari, i quali trovansi descritti e delineati in diverse opere classiche d'architettura. E non ommetteremo d'inculcarne lo studio ai giovani Ingegneri che sono desiderosi d'addestrarsi nell'arte di disporre e combinare utilmente il legname in queste difficili occorrenze dell'arte di fabbricare.

§. 406. Nei più vasti cospicui edifici, i quali continuamente abbisognano di riparazioni ora in una, ora in un'altra parte si tengono sempre in ordine delle armature isolate, di cui tutti i membri sono stabilmente connessi, e che con somma facilità vengono trasportate da un luogo all'altro, giacendo sopra una specie di carretto a larghissime ruote, onde possono meritare il nome d'armature *girovaghe*. Diverse se ne osservano nella prefata fabbrica del Vaticano, che meritano d'essere proposte come modelli per la semplicità, e per la solidità della struttura. Esse pure sono parto del fecondo ingegno di maestro Zabaglia, e se ne può vedere la descrizione nella raccolta delle invenzioni di quel valente meccanico.

§. 407. Nelle costruzioni idrauliche occorre di piantare delle armature di servizi in mezzo all'acqua, per potervi sistemare le macchine, ed eseguire l'impianto della palificazione, e le varie altre operazioni necessarie per la fondazione de'muri. In questi casi l'armature sono formate per mezzo di varie file di pali del diametro di 20, o di 25 centimetri, confitti verticalmente nel fondo alla profondità di circa m. 1,50 e sporgenti con le teste dall'acqua due metri circa sopra il pelo magro; i quali sostengono degli architravi orizzontali, sopra cui si stendono i tavoloni, che formano il palco, a luogo e tempo opportuno. Nella fig. 177 si può prendere idea

(1) Borgnis. — *Traité élémentaire de construction*. — Lib. III, cap. III.
Chiese principali d'Europa. — Milano, fascicolo 2.°
(2) *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Lib. VI, sez. II, artic. IV.
(3) Fontana. — *Castelli e ponti di maestro Nicola Zabaglia ec.* Roma 1743.

d' un' armatura di questa specie fatta entro l' alveo d' un fiume nel sito destinato per la fondazione d'una pila di ponte. Le linee punteggiate nel mezzo della figura addimostrano la disposizione de' filari della palificata di fondazione. Veggonsi segnati con linee circolari vive alcuni pali *a*, *a*, *a* . . . di detta palificata che si suppongono già battuti. I pali appartenenti all' armatura son quelli, che veggonsi meramente punteggiati, e contrassegnati essi pure con le lettere *a*, *a*, *a*, . . . Questi sono ordinati in quattro file longitudinali, delle quali le due intermedie passano in mezzo a due filari longitudinali della palificata di fondazione, e le due altre sono lontane dall' intermedie m. 3 una per parte. Nei filari i pali sono a distanza di m. 4 al più l' uno dall' altro. A meno che la natura del fondo assolutamente non lo esiga, conviene astenersi dal ferrare le punte dei pali, onde non abbiano i cuspidi a render troppo difficoltosa l' operazione di svellere i pali stessi, quando sarà finito il bisogno dell' armatura. Ognuno de' filari è coronato da un architrave o cappello *b b* assicurato sulle teste di tutti i pali o con incastri a maschio e femmina, ovvero con semplici caviglie di ferro, come vedesi appartatamente rappresentato in X. Si usa anche talvolta di sostituire agli architravi delle piane applicate di piatto a guisa di fasce lungo la sommità di tutti i pali d' una stessa fila come si dimostra in Z; ed in questo caso le coste superiori delle piane servono invece degli architravi a reggere i tavoloni, i quali vi si vanno disponendo sopra sciolti, per traverso, qua e là, secondo che fa d' uopo nel corso delle operazioni. La struttura ne diviene così più economica, senza perdere in solidità. Il sistema è fortificato nell' estremità delle due catene *c c*, *c c* composte di piane chiodate sugli architravi, o sulle fasce, che ne fanno le veci. L' armatura si estende ugualmente da tutte le parti all' intorno dello spazio, in cui dev' essere costrutta la pila. L' ampiezza dell' armatura vuol esser tale che dia campo di collocare con sicurezza, e di manovrare senza difficoltà le macchine in tutti i punti, ove ne fa bisogno; onde ordinariamente è d' uopo che sporga m. 2,50 da tutte le parti intorno all' area su cui dev' essere stabilita la fondazione.

Pei lavori nell' acqua si fa uso talora di palchi sostenuti da piccole barche. Questo metodo, quantunque economico, non può essere tuttavia approvato dalla sana pratica, poichè non offre quella fermezza, che è necessaria nei palchi per la buona riuscita dell' operazioni, e richiede indefessa attenzione per mantenere per mezzo d' opportuni ripieghi il palco e le macchine in istato confacente all' operazioni, a seconda delle variazioni che possano accadere nel livello dell' acqua, sulla quale galleggia il sistema.

§. 408. Passiamo alle ture. Queste, come già si disse (§. 402), altro non sono che dighe, per mezzo delle quali si recinge l' area designata per la fondazione di qualche fabbrica entro il letto d' un fiume, d' un lago, o del mare; affinchè estrattane con l' aiuto d' opportune macchine l' acqua racchiusa, non abbia a penetrarvene altra dai lati, e quindi si possa liberamente eseguire ogni operazione necessaria per l' impianto regolare dei muri sotto il livello del fluido circostante. Quello spazio che vien racchiuso fralle ture dicesi uno *stagno*. Quando l' acque in cui si deve stabilire il lavoro non hanno più d' un metro d' altezza, si possono costruire le ture in forma di piccoli argini di semplice terra. Avvenendo per altro che nel fondo esistessero o sabbia, o ghiaia, sarebbe d' uopo di cavar tali materie fino,

quella profondità, a cui dovranno arrivare i cavi della fondazione, per formare una riempitura di buona terra sotto la base degli argini o ture, acciocchè per filtrazioni laterali l'acqua non avesse ad introdursi nei detti cavi entro il recinto dello stagno.

Qualora l'acqua sia alta oltre un metro, ma non più di m. 1,50 sul piano della fondazione, il quale secondo le circostanze del fondo si fissa a maggior o minor profondità sotto la superficie coperta dalla massa fluida, le ture possono essere formate, come viene indicato nella fig. 178. Lo spazio che dev' essere ridotto a stagno si recinge ai pali *a*, *a*, *a*,.... piantati in file regolari lungo i varii lati della figura, che si vuol chiudere. Internamente a queste diverse file di pali s' applicano, e si chiodano dei tavolati *b*, *b*, *b*,.... belli e composti di tavoloni uniti costa a costa, e collegati da traverse chiodate, le quali in opera debbono trovarsi in positura verticale, e veggonsi segnate nella figura con linee punteggiate. Questi tavolati si dispongono in modo che vengono a congiungersi uno con l'altro sempre all'incontro d'un palo, con semplice soprapposizione o ingambellatura alternata delle di loro estremità. Finalmente a ridosso di questo precinto di legname si appoggia nell'interno dello stagno una banca *t* di terra di conveniente scarpa e grossezza.

Se poi l' altezza dell'acqua sul piano, dal quale deve cominciare la fondazione, è maggiore dell'ultimo limite indicato, conviene che le ture sieno fatte, come si scorge nella fig. 179, con un precinto esteriore di legname conforme a quello testè descritto, e con un altro uguale precinto interiore, nel quale per altro i tavolati sieno applicati ai pali della parte esteriore relativamente allo stagno. I due precinti sono legati insieme per mezzo delle catene orizzontali *l*, *l*, *l*, ... ciascuna delle quali è fermata alla testa di due pali, che si corrispondono uno incontro all' altro nei due precinti. Si compie la tura ricolmando di terra l' intervallo rinchiuso fra l' uno e l' altro precinto.

Ma talvolta accade che i primi strati del fondo sono di sabbia o di ghiaia, e quindi capaci di lasciar penetrare l'acqua nell'interno dello stagno al di sotto della riempitura di terra, che forma il corpo della tura. In tal caso si rende necessario di dare altra struttura ai precinti, onde resti impedito il temuto ingresso dell' acqua nello stagno. Nell' interno della tura si applicano a ciascuno dei due filari di pali due ordini di filagna, come si osserva nella fig. 180, e rasente queste due filagne si battono delle palanche verticali *p*, *p*, *p* .... bene unite costa a costa, le quali vengono tutte legate ed assicurate per mezzo d' un doppio ordine di controfilagne interne, fermate con chiodi, che attraversando le palanche vanno a ficcarsi nelle filagne (§. 383). Vedesi nella figura il sistema corroborato da due traverse esteriori, che incatenano le sommità de' pali in ciascuno dei due filari, e sulle quali s'incastrano l' estremità delle catene trasversali *l*, *l*, *l*... Formati così i due precinti si espurga il fondo interposto, levandone lo strato superiore di ghiaia o di sabbia, e quindi si compie la tura col solito riempimento di terra.

Nella costruzione delle ture si adoperano ordinariamente dei pali del diametro di 20, o 25 centimetri, e si piantano in ciascuna fila a distanza di m. 1,50, o di m. 2 al più l' uno dall' altro, fitti alla profondità di m. 1,50, o di m. 2 sotto il piano della fondazione. Le palanche si usano

della grossezza di 10, o 12 centimetri, e si figgono alla profondità di 6, o di 8 decimetri sotto il detto piano. Giova d'avvertire che pel riempimento delle ture il terreno sciolto è più adattato d'ogni altro, atteso che è il più disposto a prender consistenza entro l'acqua, malgrado l'impossibilità d'eseguirne l'ammassamento nelle vie regolari.

§. 409. Per mezzo de' teoremi idrostatici si determina facilmente il valore della spinta, che l'acqua esterna esercita contro una tura. Ma qual sia la resistenza, che una diga della struttura che abbiamo descritta è capace di opporre alla spinta dell'acqua, sarebbe malagevole a determinarsi, essendo troppo incerti i dati che si offrono intorno al modo di resistere dei pali affondati fino ad un certo segno nel terreno ad una pressione laterale. In tale incertezza i Pratici, dietro le conferme dell'esperienza, hanno generalmente adottato per regola, che alle ture debba darsi una grossezza eguale all'altezza dell'acqua, che ad esse si appoggia, finchè questa non è maggiore di m. 3; e di aumentare di soli tre decimetri la grossezza della tura per ogni metro che si ha di più nell'altezza dell'acqua oltre l'indicato limite di tre metri. Così se l'altezza dell'acqua fosse di m. 4, la grossezza della tura dovrebbe essere di m. 3,30; se l'acqua fosse alta m. 5, dovrebbe darsi alla tura la grossezza di m. 3,60; e così via via. Minore grossezza potrebb' esser sufficiente, quando i pali sono fitti assai profondamente in un terreno consistente. Ma siccome la parte superiore delle ture è destinata anche a far le veci d'armatura pel collocamento delle macchine che servono all'esaurimento dell'acqua, così per comodo delle operazioni gioverà che le ture sieno piuttosto ampie, mentre per altra parte pochissimo sarebbe il risparmio che deriverebbe dal farle di grossezza alcun poco minore di quella che abbiamo stabilita. Del resto è cosa molto rara che si faccia uso di ture in un' altezza d'acqua maggiore di m. 3, poichè per esperienza si è conosciuto, che il diseccamento d'uno stagno per mezzo delle macchine adattate ad espellerne l'acqua, può ottenersi soltanto finchè l'altezza del fluido esterno non è maggiore di m. 3, se l'acque corrono o ristagnano sopra un letto di terra ordinaria; e solo finchè il fluido non è più alto di m. 2, qualora un letto sia di materia arenosa; mentre nell'uno e nell'altro caso, quando l'altezza dell'acqua superi gl'indicati limiti, a motivo della pressione del fluido esterno, le filtrazioni dal fondo interno divengono così copiose, che l'azione continuata delle macchine non può giungere a vuotare lo stagno oltre ad un certo segno.

§. 410. Tuttavia, quando sia da temersi che l'effetto delle trombe o altre macchine idrovore non possa equiparare la portata delle filtrazioni, l'arte non è sprovvista d'espedienti opportuni a reprimer le filtrazioni medesime con opportuni ripari applicati sul fondo dello stagno. Quando si manifestano delle filtrazioni parziali, potendosi scoprire l'origine di esse, si procura di rimediarci gettandovi dei palloni d'argilla secca, ovvero dei sacchetti pieni di terra argillosa, o anche meglio un impasto di malta ordinaria, e di calcina magra viva capace di formar con l'arena del fondo un cemento valido a resistere alla pressione dell'acqua. E qualora riescano vani questi tentativi, converrà ricorrere ad un espediente analogo a quello che si adopera per arrestare provvisionalmente i fontanazzi negli argini de' fiumi (§. 45); il quale consiste nel mettere in chiusa la filtrazione, formando un piccolo stagno, in cui l'acqua non si alzerà oltre il livello di quella esterna, e non uscirà ad ingombrare lo spazio circostante circondato dalle ture.

Ma se tutto il fondo dello stagno è d' una materia accessibile all' acqua, la filtrazione sarà generale, e ancorchè si manifestasse in qualche punto soltanto, e venisse ivi repressa con alcuno degli artifizi ora accennati, non istarebbe per questo dal comparire ben presto in qualche altro punto. Per lo che in questo caso fa d' uopo d' estendere il riparo sopra tutta la superficie del fondo, in modo tale che si chiuda per ogni dove l' accesso all' acqua. I costruttori francesi danno a questa sorta di ripari la denominazione di ture *fondali*. Il modo più efficace, che possa adoperarsi per istagnare le filtrazioni del fondo, è quello che consiste nel distendere sul fondo medesimo uno strato di terra sciolta, o argillosa, della grossezza di 30, o 40 centimetri, coperto con un suolo di tavole, che vi si ferma sopra mediante un sufficiente carico di pietre. Possono adoperarsi a quest' uopo delle tavole d' abete non più grosse di due centimetri, con le commessure ben unite, e chiuse esattamente per mezzo di strisce di tela, o di regoli di legno chiodati, affinchè nulla possa penetrarvi. L' efficacia di questo metodo non può mettersi in dubbio, dacchè messo a prova nella fondazione del ponte di Moulins, permise di mettere a vuoto uno stagno sulla superficie di 3000 metri quadrati fino alla profondità di m. 2,60 sotto il pelo magro del fiume Allier (1).

Possono anche pararsi le filtrazioni con una tura fondale composta di uno strato di smalto, capace di prender corpo sott' acqua, della grossezza di sette decimetri almeno; il quale sarà d' un più sicuro effetto se giacerà sopra un tavolato, calato, e disteso sulla superficie del fondo.

Qualora i muri di fondamento da costruirsi entro uno stagno artificiale dovessero giacere sopra una palificazione, la formazione d' una buona tura fondale non sarebbe possibile, attesochè non può sperarsi che la terra, o lo smalto e le tavole, di cui sarebbe composta, si apprendessero ai pali in modo, che l' acqua non potesse farsi strada intorno alle teste dei medesimi. Ma per buona sorte i terreni sabbiosi, nei quali le filtrazioni sono inevitabili, non abbisognano di palificazione per essere abilitati a mantenersi fermi sotto il carico d' un edificio, poichè divengono per sè medesimi saldi abbastanza, purchè non si lasci d' incassarli all' intorno con solidi e profondi ripari, (§. 383) pei quali sia tolto il pericolo che il corso, o le agitazioni irregolari dell' acqua vi producano dei perniciosi scavamenti.

§. 411. Non solo per le fondazioni dei muri, ma anche talvolta occorre di formare degli stagni per mezzo di ture, a fine di poter eseguire qualche operazione essenziale in un lavoro di legname sotto il livello dell' acque magre; quantunque per altro molte di tali operazioni si possano eseguire sott' acqua per mezzo di macchine ed artifizi opportuni, come si è veduto per la costruzione delle graticole e delle piattaforme di fondazione (§. 386), e come si darà nel libro IV per diverse altre occorrenze. L' apposizione delle fasce destinate a legare i pali, che formano i basamenti delle palate d' un ponte di legname (§. 319), è una faccenda che non può eseguirsi entro l' acqua, e richiede necessariamente l' uso delle ture ordinarie per formare uno stagno intorno alla palata, ed espellerne l' acqua. Ma le ture, e l' esaurimento dell' acqua non sono praticabili quando si lavora in un fiume le

(1) Regemortes. — *Description du pont de Moulins.* — pag. 28.
Gauthey. — *Traité de la construction des ponts* —. Lib. IV, cap. II, sez. IV.

cui acque si mantegono costantemente molto alte, e sopra un fondo infestato da inestinguibili filtrazioni. In questi casi per liberarsi dall' acqua, non rimane altro espediente, che quello di far uso di stagni galleggianti, la struttura dei quali ci viene così opportunamente suggerita da Gauthey (1). Sieno A A,... (fig. 181) i pali di basamento d'una palata di ponte. La figura rappresenta a sinistra la sezione trasversale B C, e a destra la pianta B C C' B' d'una specie di cassone, o stagno galleggiante, composto di due parti uguali B B, B' C', le quali separatamente si tirano a fior d'acqua, e si collocano una al di qua e una al di là della palata, riunite in modo, che i pali A A.... sieno presi in mezzo dalle aperture circolari E, E, E,... fatte a bella posta lungo la congiunzione dei due fondi. Si calafatano ben bene le giunture delle due parti del cassone in guisa, che non possa penetrarvi l' acqua; e quindi si chiodano internamente intorno agli orli delle aperture circolari E, E, E,... dei pezzi di cuoio, o di quella tela che dicesi impermeabile, come la tela d' Olonna, volgarmente chiamata *alona*, e se ne fanno passare i lembi sotto il fondo del cassone. Ciò fatto, si manda un palombaro, o come dicesi comunemente un *sangozzatore*, sotto al cassone, acciocchè fasci e leghi fortemente in D D ad una giusta profondità l' estremità dei detti lembi intorno a ciascuno dei pali. Restando così chiuso l'accesso per ogni dove all' acqua nell' interno dello stagno, introducendovi un discreto carico di zavorra si fa discendere fino a segno tale che le teste dei pali sporgano sul fondo del cassone quanto basta per poter eseguire liberamente l' operazione, e sgombrata se fa d'uopo la poca acqua rimasta nell' interno si recidono a livello le teste dei pali, e vi si adattano le fasce laterali: dopo di che si tagliano i tubi di cuoio, o di tela, e si separano le due parti del cassone, per servirsene, se occorre, a ripetere l'operazione in un' altra palata.

§. 412. Per l' impianto dei muri nell'acqua, allorchè l' altezza di questa è tale che non permette di costruire le ture, o di vôtare gli stagni, convien ricorrere all' uso delle paratìe; sebbene qualche volta anche vi si ricorra non per necessità, ma per semplice risparmio di spesa, quando si vegga che la costruzione delle ture, e l' estrazione dell' acqua dagli stagni riuscirebbero esorbitantemente costose. La paratìa, siccome abbiamo di già avvertito, è una cinta continuata di legname, che si forma lunghesso il perimetro dell' area, sulla quale dev' essere piantato il muro; e che serve a guisa di cassa per contenere le materie cementizie, che vi si versano dentro alla rinfusa; le quali essendo composte di sostanze capaci d' incorporarsi e d' assodarsi ben presto nell'acqua vengono a mano a mano producendo il muro, come un' opera di getto dentro alla sua forma. Le paratìe si lasciano sussistere per qualche tempo in difesa non solo del muramento inferiore costrutto a sacco, ma ancora del superiore fatto a mano con regolare struttura, finchè siensi consolidati in modo che possano star forti contro le violenze delle piene o delle burrasche, dopo di che non sono più necessarie, e si demoliscono.

La struttura d'una paratìa consiste generalmente in una palancata (§. 408) ritenuta da una folta fila di robusti pali, incatenata da varii ordini di traverse o filagne, ed assicurata con catene o tiranti raccomandati a due pa-

(1) Nell'opera precitata. Lib. IV, cap. III, sez. IV.

lafitte di rinforzo una esterna, l'altra interna. Affinchè possa acquistarsi una piena cognizione di tale struttura, non faremo che esibire succintamente la descrizione della solidissima paratìa che fu costrutta l'anno 1822 per eseguire il prolungamento del molo orientale al porto canale di Sinigaglia sul nostro littorale adriatico.

§. 413. Nella figura 182 vedesi in disegno icnografico l'estremità del vecchio molo, a cui si attacca la paratìa, dentro alla quale fu costrutta la nuova estremità in prolungamento del molo medesimo. La pianta della paratìa è di figura e dimensioni esattamente corrispondenti a quelle che doveva assumere il basamento della nuova estremità del molo. Lungo i lati della figura sono battuti i pali maestri, o colonne *u*, *u*, *u*, ... della paratìa. A tal effetto si adoperarono dei fusti di pino di 45 in 50 centimetri di diametro in testa, e della lunghezza di m. 7, grossolanamente squadrati, a fine di potervi adattare meglio le traverse e gli altri membri di concatenazione, e completivi. Questi fusti appuntati, ed armati di cuspidi, furono affondati fino alla profondità di m. 3,50 sotto il letto del mare a distanza di m. 0,50 l'uno dall'altro da vivo a vivo. Esteriormente alle varie file di colonne furono applicati tre ordini di filagne, o paraschiene *o*, *o*, *o*, ..., composti di travi d'abete della riquadratura di 17 e 20 centimetri, fermati con caviglie ai singoli pali, situati il primo m. 0,30 sotto il piano delle teste dei pali o colonne, l'infimo presso il fondo del mare: ed il medio a distanze prossimamente uguali in mezzo alle prefate due. Rasente le facce esteriori dei tre paraschiene fu stabilita la palancata composta di tavoloni di pino della grossezza di m. 0,06, di lunghezza uguale a quella dei pali, e quindi affondati alla stessa profondità, essendone stata perciò ridotta l'estremità inferiore *a punta di lancia* per una lunghezza di m. 0,25. I tavoloni di varia larghezza, che poteva ragguagliarsi a m. 0,40, furono assicurati con piccole caviglie di ferro ai tre ordini di paraschiene; e le coste di esse, tirate perfettamente a filo, si procurò che venissero a combaciarsi esattamente l'una con l'altra. Quindi al di fuori fu fasciata la palancata con tre ordini di controfilagne *c c c* .... di riquadratura uguale a quella delle filagne, e applicate in corrispondenza delle medesime. Inoltre dalla parte interna fu addossato alle colonne un rivestimento, o sia una contropalancata *z z z* ..., formata di tavoloni posti orizzontalmente; i quali, onde ne fosse agevolata l'apposizione, vennero preventivamente riuniti in falde, e legati con traverse, e quindi posti in opera così riuniti, e fermati alle colonne con chiodi. Il lembo inferiore delle falde componenti la contropalancata fu fatto penetrare quanto più si potè sotto il fondo del cavo aperto per l'impianto del muramento; e si era regolata la larghezza delle falde in modo, che quando furono in opera i loro lembi superiori vennero tutti a trovarsi al livello del mare basso. Tutto ciò constituiva la parte essenziale della paratìa; le altre parti, che accenneremo, servivano ad essa di rinforzo contro l'impeto delle burrasche.

Parallelamente ai diversi lati della paratìa già costrutta furono piantate due file di pali, cioè una *m m m* .... nell'interno del recinto, e l'altra *n n n* ... esternamente in mare, distanti così l'una come l'altra m. 3 dalla fila delle colonne da vivo a vivo. Queste due nuove file di pali furono composte esse pure di fusti di pino *m m m* ..., *n n n* ..., uguali in diametro a quelli adoperati in qualità di colonne, della lunghezza di m. 5,

e battuti a distanza di m. 2 l'uno dall'altro da mezzo a mezzo, e alla profondità di m. 2,50 sotto il fondo del mare. Tali essendo le lunghezze, e il profondamento dei pali nei due filari, facilmente si deduce che le teste di essi dovevano riuscire in un piano orizzontale più basso un metro delle teste delle colonne. Ciascuno di questi due filari venne fortificato con un ordine di filagna d'abete *f f f* ..., *h h h*..., della riquadratura di m. 0,17, e m. 0,20, applicato m. 0,30 sotto la sommità dei pali; e quindi all' uno e all' altro filare fu raccomandata la paratìa mediante le catene d'abete *t t t*..., di riquadratura uguale a quella delle filagne, e della lunghezza di m. 5, inclinate in senso contrario; ciascuna delle quali catene fu assicurata con caviglie di ferro da una estremità alla testa d'uno dei pali del filare interno, o del filare esterno, e dall'altra alla testa d'una colonna, appoggiandosi, ed incastrandosi dall' uno e dall' altro capo sui dorsi delle filagne.

La paratìa così costrutta e rinforzata si mantenne saldissima pel lasso d'un anno circa, e servì egregiamente alla costruzione e alla difesa de'muramenti, la riuscita de'quali è stata come poteva desiderarsi. Per rendere meno sensibili le variazioni, e le agitazioni dell'acqua esterna nell'interno della paratìa, furono riempite le cellule racchiuse fra le colonne, la palancata, e la contropalancata con sacchetti d'arena; sebbene forse si sarebbe ottenuto miglior effetto, e maggior economia, se vi si fosse fatta una riempitura di buona terra argillosa compressa nel miglior modo possibile.

Nei lati della paratìa, che sono dalla parte del mare, e dalla parte del canale, vedesi segnata internamente lungo la contropalancata un'altra serie *r r r*.... di pali aderenti l'uno all'altro. Questa per altro non fa parte della paratìa, ed è una palafitta frontale stabile, composta di pali di querce della riquadratura di m. 0,30, e della lunghezza di m. 4, profondati a m. 3,50 sotto il fondo del mare, a contatto l'uno dell'altro, la quale fu posta in difesa del nuovo tratto di molo, per impedire che l'acqua ne scalzasse i fondamenti, se mai la forza delle burrasche venisse talvolta a sconvolgere il fondo presso ai medesimi (§. 383).

§. 414. L'armadure, o centinature (§. 402) debbono servire nello stesso tempo di forma, e di sostegno alle volte di muro, intanto che vengono fabbricate, finchè chiuse ed assodate, sieno in istato di potersi mantenere in equilibrio da sè medesime. Importa quindi che qualunque di coteste armadure presenti al di sopra una superficie curva, che si confonda con quella della faccia interna, o sia dell'intradosso della volta; e sia composta di membri così forti, e così ben combinati, che la figura di essa superficie non possa alterarsi sotto il carico crescente delle parti laterali della volta, che ad essa si appoggiano. Possono duque distinguersi due parti nell'armadura d'una volta: una resistente, che è la così detta centinatura, l'altra completiva, la quale costituisce l'anzidetta superficie curva, sulla quale deve riposare la vôlta, e può chiamarsi il *manto* dell'armatura. Ci tratterremo principalmente intorno alle armature delle volte cilindriche semplici, le quali comunemente diconsi volte *a botte*; essendo quelle che più frequentemente occorrono, e che con semplici modificazioni, e combinazioni si adattano anche alle altre specie di volte semplici, e composte.

§. 415. La centinatura d'una volta a botte consiste in una serie di *centine* verticali disposte per traverso, come l'incavallature nell' armatura d'un

coperto ordinario (§. 280). Queste centine si appoggiano di qua e di là o sul risalto d'uno stabile cornicione, se questo per avventura esiste nelle sommità de' muri laterali o piedritti della volta, ovvero sopra mensole di pietra appositamente infisse nei muri medesimi a giuste altezze e distanze, o finalmente sopra due architravi di legno, che si pongono a bella posta aderenti ai muri lungo l'imposte della volta, sostenuti da sottoposte candele verticali. Si sostengono talora le grandi centine per mezzo d'altri appoggi intermedi piantati sull'area sottoposta; ma ciò è di rado permesso dalle circostanze, o perchè le volte sono soverchiamente in alto, come accade nei tempj, o perchè l'area sottoposta è ingombrata dall'acqua, come nell'arcate dei ponti.

§. 416. Per le volte di leggera struttura, come sono quelle di mattoni, di pietrame, o di smalto, sono adattatissime le centine di tavole, fatte nel modo che già si disse parlando delle volte di legname (§. 308, fig. 116). Segati i dorsi delle centine secondo la curvatura dell'intradosso della volta, si dispongono essi distanti fra m. 0,50, e m. 1 l'una dall'altra, a norma della maggiore o minore ampiezza della volta; si assicurano con varii ordini di sbadacchi interposti, affinchè non abbiano a declinare dalla positura verticale; e quindi vi si costruisce sopra il manto con tavole chiodatevi per lungo, ovvero anche talvolta con un semplice strato ricurvo di canne, coperto al di sopra d'un leggero intonaco di terra stemperata nell'acqua. Questo metodo è comunissimo in Italia, e sembra che fosse in uso presso i nostri antichi, poichè nelle superficie interne d'alcune volte di vetuste fabbriche romane, si scorgono tuttora l'impronte delle tavole, di cui dovettero essere composti i manti dell'armature nell'atto della costruzione.

Qualora la parte interna della volta debba essere ornata di cassettoni, si disegnano questi sulla superficie del manto a seconda del divisato compartimento, e quindi vi si costruiscono con regoli, e con tavole dei lavori di rilievo corrispondenti a quelli d'incavo che dovranno essere nel disotto della volta. Con questo semplice artifizio si ottiene, che nel costruire la volta viene a stamparsi, per così dire, in essa il compartimento, il quale poscia si perfeziona intonacando la superficie, e formando le modanature, e gli altri ornati, se occorrono, con lavoro di stucco.

§. 417. Per le volte di pesante struttura, quali sono quelle di pietra da taglio, e quelle di muro, massicce più dell'ordinario, abbisognano più robuste armature. Le centine si compongono di travi, e ciascuna di esse costituisce un sistema di figura triangolare, o poligona; onde per ridurre alla necessaria convessità la parte di sopra, sulla quale deve adattarsi il manto, convien aggiungere addosso alle travi superiori dei pezzi di legno tagliati a bella posta della requisita curvatura; membri completivi ai quali si può dare il nome di *forme*, ovvero di *curve.*

Le centine per le volte, e per l'arcate di piccola apertura, sono per lo più semplicemente formate di due puntoni o *cosciali* p, p, (fig. 183), ritenuti dal tirante, o catena $c\ c$, la quale si appoggia sopra i due architravi b, b, giacenti lungo l'imposte laterali sui sostegni verticali, o sia candele e,e. Se la volta è d'una mediocre ampiezza possono farsi le centine, come vedesi nella fig. 184, di quattro cosciali p, p, p, p uniti alla catena c, c mediante le tre razze r, r, r. Tutti i nominati membri in questo sistema sono

scambievolmente connessi con incastri a maschio e femmina, assicurati con caviglie di ferro, siccome è indicato nella figura. In rinforzo della catena, se si riconosce necessario, possono adoperarsi i due saettoni *s*, *s* appoggiati alle laterali candele *e*, *e*. Talvolta a ciascuno dei cosciali *p*, *p* (fig. 183), se ne soprappongono due minori, relativamente ai quali il cosciale principale assume l'ufficio di catena, ed il sistema in questo caso termina al di sopra in quattro lati, ugualmente che nell'altro sistema espresso nella fig. 184. Nelle concorrenze de' cosciali si pratica anche talvolta d'inserire dei monaci, come nell'incavallature dei tetti. Questi medesimi sistemi possono ammettere altre accidentali modificazioni, che ommetteremo per brevità, poichè saranno facili a concepirsi per la conveniente applicazione alle particolari circostanze de' luoghi, e degli edifici, dopo che si saranno conosciute le varie forme delle più vigorose armature, di cui si fa uso nella costruzione delle volte di straordinaria ampiezza, e che si saranno acquistate giuste nozioni intorno ai conati, a cui le centine debbono resistere, mentre il carico della volta ad esse unicamente si appoggia.

Sui cosciali *p*, *p* (fig. 183) *p*, *p*, *p*, *p* (fig. 184) si applicano le forme ricurve, per mezzo delle quali si rende convenientemente convessa la centina, e quindi si forma il manto dell'armatura disponendo sulle centine delle piane, o altri legni orrizzontali, che diconsi *dossali*. Ma si pratica anche talvolta di stabilire immediatamente un manto di tavoloni addosso ai cosciali, senza aggiugnervi le forme di legno, e di costruire poscia sulle falde piane del manto stesso dei segmenti cilindrici di muro, corrispondenti alla curvatura interna della volta, alla quale questo muramento, volgarmente dai muratori romani chiamato *pasticcio*, serve di appoggio immediato, ed insieme di forma.

Affinchè il taglio delle curve o forme di legno corrisponda esattamente alla stabilita curvatura, se ne segnano le tracce sui fianchi dei pezzi che voglionsi ridurre, col sussidio di *sagome* di tavola, preparate a bella posta, le quali in pratica diconsi anche *garbi*, *sesti*, e *modani*. Si fa uso altresì di una sagoma dell'intera arcuazione dell'intradosso per portare alla giusta convessità il muramento, quando questo deve supplire all- forma piana delle varie falde che compongono il manto applicato immediatamente sui cosciali, in conformità della pratica testè additata. La sagoma in questo caso non è che una centina portatile, composta di tavole addoppiate nel modo che si è altre volte spiegato (§ 308, fig. 116).

§. 418. La struttura delle centine per le volte di maggiore ampiezza è stata diversificata dai costruttori in moltissime guise. Ci limiteremo a far conoscere due principali sistemi, i quali furono adoperati in varie celebri costruzioni, e di cui singolarmente fanno menzione i moderni scrittori tecnici.

Il primo di tali sistemi vedesi nella fig. 185 applicato ad una volta cilindrica semicircolare, o, come dicesi, *di tutto sesto*, sebbene con opportune modificazioni possa anche convenire per l'armature delle volte *sceme*, e di quelle semiellittiche, e semiovali. Esso costituisce quasi il tipo d'una classe di centine, che sono distinte con la denominazione di centine a *catena*; e dai Francesi è pur talvolta nominato sistema di Pitot, attesochè questo dotto matematico fu il primo ad illustrarlo in una scientifica disser-

tazione (1). Appartengono a questo sistema le centine che furono adoperate per la costruzione delle grandi vôlte di S. Pietro in Varticano (2).

L'altro sistema rappresentato nella fig. 186 offre il tipo d'un'altra classe di centine, che chiamansi centine *a poligoni*; e generalmente s'intitola sistema di Perronet, a giusta menzione del nome di quel grand'uomo, il quale, non solo ne fece sagacemente uso nelle costruzioni di molti ponti, ma n'esaminò con somma perspicacia gli effetti, e ne trasse argomento d'utilissime norme per la pratica di fabbricare le vôlte (3).

§. 419. Il sistema d'una centina a catena, secondo il nostro tipo (fig. 185), è diviso in due parti, una superiore, ed una inferiore, mediante la catena orizzontale $c\,c$ sostenuta presso le sue estremità dai due membri inclinati g, g, che chiamansi *gambe di forza*; e rinforzata da due saettoni più inclinati p, p, e da un cuscino $o\,o$, interposto alle sommità dei saettoni medesimi. La parte superiore della centina è composta, a forma d'un'incavallatura di tetto, di due puntoni maestri p', p', che si appoggiano alla catena ove questa è sostenuta dalle sottoposte gambe di forza, e stringono il colonnello, o monaco intermedio n; e di due puntoni secondarii p'', p'', appoggiati sulla catena medesima nei punti che corrispondono all'estremità del cuscino, e stringenti essi pure lo stesso colonnello n. Il sistema si regge sopra due imposte sporgenti, ovvero sopra una piattaforma giacente sui due zoccoli m, m, sorretti dalle mensole z, z, infitte appositamente nei muri, o piedritti laterali. Le staffe di legno s, s, s... servono non solo a tenere incatenati i nominati membri del sistema, ma principalmente a sostenere l'arcone, che forma la parte superiore convessa della centina, a cui dev'essere addossato il manto dell'armatura. Quest'arcone è composto di molti pezzi tagliati con iscrupolosa esattezza, e connessi saldamente; e sono questi pezzi le curve, o forme di cui abbiamo già parlato di sopra (§. 417). Il manto dell'armatura è formato d'una serie di dossali u, u, u ..., i quali, se la volta dev'essere costrutta in pietra da taglio, possono essere posti a qualche scambievole distanza, come vedesi nella figura; ma se la vôlta dev'essere fabbricata di muro in malta vogliono essere a contatto l'uno dell'altro. Scorgesi nella figura medesima che i dossali non sono immediatamente posati sugli arconi delle centine, ma bensì mediante alcuni interposti *cuscinetti* di legno; artifizio utilissimo per poter dismettere facilmente l'armatura a tempo debito, con quelle necessarie precauzioni, di cui faremo parola in breve.

Le staffe s, s, s ... debbono essere dirette ai centri degli archi, ai quali esse vanno a terminare; vale a dire che debbono tutte esser normali alla curvatura della volta. La posizione della catena $c\,c$ si prescrive da qualche scrittore di pratica (4) che debba essere determinata nel seguente modo. Si conducano due tangenti alla curva dell'intradosso, una cioè al vertice, e l'altra ad una dell'imposte; e pel punto in cui queste due tangenti s'incontrano, si tiri la normale alla curva stessa. Pel punto nel quale la normale taglia la curva si segni una retta orizzontale; e questa determinerà la posizione della catena. Ma questa è una regola meramente empirica,

(1) *Mémoires de l'Accadémie des sciences.* — 1726.
(2) Fontana. — *Castelli e ponti di maestro Nicola Zabaglia.* — Tavola IV.
(3) *Mémoire sur le cintrement et le décintrement des ponts.*
(4) Rondelet. — *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VI, sez. II, artic. IV.

e forse non è, come si pretende, adattata a qualunque sia curvatura della vôlta. Laonde la collocazione della catena dovrebbe rigorosamsnte essere dedotta da considerazioni statiche, dipendentemente dalla forma del sistema, e dal modo d'agire del carico della volta soprastante, ed offre un problema nella di cui soluzione potranno utilmente esercitarsi gli studiosi.

§. 420. A seconda del sistema di Perronet, di cui si offre il tipo della fig. 186, la centina consiste in una serie di puntoni *o*, *o*, *o* . . , disposti secondo i lati d'un poligono inscritto nella curva dell'intradosso, in rinforzo de' quali è stabilita una seconda serie di puntoni *e*, *e*, *e*.., che costituiscono un poligono inscritto al primo, e quindi un'altra serie *a*, *a*, *a*.., distribuita essa pure a forma d'un nuovo poligono inscritto; e così di seguito fino ad un certo termine. Le staffe di legno *ss*, *ss*, *ss*..., collocate come apparisce nella figura, tengono riuniti i varii ordini di puntoni, e sostengono con l'estremità superiori le forme, o curve, che compongono la parte convessa della centina, sulla quale giacciono i dossali. Il sistema riposa sopra due piattaforme laterali stabilite lungo l'imposte della volta sopra congrui sostegni.

§. 421. Se consideriamo entrambi gli esposti sistemi come poligoni di lati inflessibili, richiamando le corrispondenti formole statiche (1), non tarderemo ad avvederci, che una centina a catena sarà sempre equilibrata, purchè il carico della volta, che si vien costruendo, si faccia crescere d'ugual passo dall'una e dall'altra parte, e che all'opposto questa condizione non basta a conservare costantemente in equilibrio una centina a poligoni, se al tempo stesso non si abbia cura d'aggiugnere dei proporzionati pesi posticci sulla sommità dell'armatura, di mano in mano, che avanzandosi la volta al di qua e al di là, vien crescendo il carico sull'uno e sull'altro fianco della centina. Ma per quanto siasi attenti a proporzionare il carico posticcio della sommità a quello della volta, che viene progressivamente aumentandosi sui fianchi dell'armatura, non è sperabile tale esattezza nella materialità di questo ripiego, che l'equilibrio del poligono non abbia a turbarsi di tanto in tanto, e che quindi, atteso quel piccolo grado di cedevolezza, che rimane sempre nell'articolazioni malgrado le salde congiunzioni dei membri, non vengano a generarsi di tempo in tempo delle mosse, e della alterazioni nella forma del sistema. Cotesta irreparabile instabilità delle centine a poligoni è di non lieve imbarazzo nella costruzione, e rende sempre alcun poco dubbiosa la regolarità delle operazioni, onde si deduce doversi per questo riguardo la preminenza alle centine a catena. Tuttavolta, non essendo ovunque reperibile il legname lungo quanto abbisogna per la costruzione delle centine a catena, quando si tratta di volte straordinariamente ampie, non sono rare le occasioni in cui la necessità costringe a far uso delle centine a poligoni. Nè altronde assolutamente parlando si ha motivo di diffidare della buona riuscita di questo sistema, dappoichè il buon esito che se n'ottenne in Francia nei ponti costrutti dal Perronet (§. 418), ed in Italia ai ponti sul Taro e sulla Trebbia, fabbricati recentemente con tanta lode dal Cocconcelli (2), ha dimostrato per

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d' Idraulica.* — Vol. I, lib. I, cap. XXI.

(2) *Descrizione dei progetti e lavori per l'innalzamento dei due ponti sul Taro e sulla Trebbia.* — Parma 1825.

esperienza, che l'avvedutezza del costruttore può diminuire le imperfezioni del metodo, o frenarne se non altro gli svantaggiosi effetti.

Era opinione d'alcuni che l'anzidetta instabilità, piuttosto che un difetto, dovesse riguardarsi siccome una prerogativa nelle centine a poligoni, e che anzi in grazia di questa meritassero d'esser preferite alle centine a catena. E cotesta opinione fondavasi sul riflettere che una centina cedevole permette alla volta di prendere a grado a grado nell'atto stesso della costruzione, e prima d'esser abbandonata a sè stessa, quell'assettamento, ch'è il necessario effetto della compressibilità de' cementi; onde non è da temersi che avvengan poi altri sensibili cangiamenti nella figura della volta dopo la remozione dell'armatura. Ma a questo proposito osserveremo col Gauthey (1), che un eguale intento può ottenersi anche con le centine a catena, usando l'artifizio di non abbassare l'armatura tutta ad un tratto quando la volta è compita, ma bensì a poco a poco, con distruggere lentamente, e con buon ordine gli appoggi, che tengono il manto a contatto dell'intraddosso della volta; quali sono appunto i cuscinetti (§. 419) sottoposti ai dossali, che già facemmo notare nella fig. 185. Per lo che svanisce il preteso motivo di preferenza per le centine a poligoni, le quali, oltre l'imbarazzo, che, come già avvertimmo, apportano nella costruzione, assorbiscono anche maggior quantità di legname, e riescono più costose delle centine a catena e quindi null'altro, fuorchè la motivata necessità, ne potrebbe giustificare l'uso.

§. 422. In un'opera molto interessante data ora in luce da Navier (2) si fa conoscere un ingegnoso sistema di centine, che dicesi già messo in uso dal Mylne a Londra fino dal 1769 nell'erezione del ponte di Black-friars, la di cui arcata di mezzo ha metri 30,48 d'apertura, e recentemente dal Rennie nella costruzione dell'arcate del ponte di Waterloo dell'apertura di m. 36,58. Le arcate dei detti due ponti sono di sesto scemo, e l'impianto delle centinature fu fatto ai piedi delle laterali pile. Per istabilire una delle centine si divise la curva dell'intradosso in sei, o in altro numero di parti uguali, ed a ciascuno dei punti di divisione furono portati a concorrere due puntoni, che partivano dai due zoccoli, o piattaforme aderenti alle basi delle pile laterali; onde il sistema venne ad esser composto di molte coppie di puntoni giacenti sui medesimi appoggi, e aventi i loro vertici in varj punti dell'intradosso. Sui vertici di tutte queste coppie di puntoni furono assicurate le curve, o forme componenti la parte convessa della centina, ed a ciascuno degli stessi vertici fu applicata una staffa di legno, che discendeva inclinata a stringere tutti i puntoni, ne' quali s'incontrava. Cotali staffe giovavano non solo alla concatenazione del sistema, ma ben anche a riportare il peso di tutti i puntoni nei vertici della centina, e ad esentare i membri da qualunque conato, che non fosse rivolto contro la resistenza assoluta negativa. I puntoni negli scambievoli loro incontri erano incastrati l'uno nell'altro a mezza grossezza (§. 244 n.° 2, fig. 62) in guisa che le facce laterali di essi trovavansi tutte in due soli piani verticali, e la grossezza della centina non era nè più nè meno della larghezza di ciaschedun puntone.

(1) *Traité de la construction des ponts* — Lib. III, cap. I.

(2) *Résumé des leçons etc. sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines* —. Premiére partie. — Paris 1768.

Il medesimo Navier mette in campo un altro sistema, a norma del quale la centina sarebbe composta di varie coppie di puntoni, sorreggenti delle catene orizzontali poste a diverse altezze, come tante corde inscritte nella curva dell'intradosso. Nel resto della struttura questa centina è conforme all'altra testè descritta. Questo secondo sistema ha, siccome le centine a catene (§. 421), la prerogativa di mantenersi sempre in equilibrio, purchè la volta si faccia crescere ugualmente dall'una e dall'altra parte sui fianchi dell'armatura. Ma il primo ha un pregio più singolare, e più valutabile; ed è quello di esser atto a conservarsi equilibrato, comunque diversamente si faccia avanzare la volta sui due fianchi. Per tali prerogative, e per la semplicità loro erano degni questi sistemi d'una particolare menzione. Non tralasceremo per altro d'avvertire che i molti tagli, i quali sì nell'uno che nell'altro sistema sono indispensabili per l'accennata compenetrazione scambievole dei puntoni, debbono necessariamente produrre un eccessivo deterioramento del legname; onde s' inferisce che queste maniere d' armature mal corrispondano a quel principio economico della minima perdita del materiale, che i costruttori debbono generalmente prefiggersi in ogni sorta di lavori provvisionali (§. 401).

§. 423. In generale la centinatura d' una volta è d' uopo che sia assicurata con opportuni membri di concatenazione, affinchè le centine per qualunque contingenza non possano mai declinare dalla positura verticale; e molto più quando facendosi uso di centine a catena, i dossali non sono chiodati, ma semplicemente appoggiati sulle schiene convesse delle centine mediante gl' interposti cuscinetti, a fine di poter allentare a poco a poco l' armatura, e dar campo alla volta di prendere il suo assettamento, pria che sia lasciata in abbandono (§. 421). Il collegamento delle centine si ottiene per mezzo di traverse orizzontali ed oblique. Nella fig. 187 vedesi un'armatura a sei centine collegate 1.° dalle due traverse orizzontali *mm*,*nn*, che si appoggiano a tutti puntoni laterali, e prendono in mezzo le estremità inferiori de'monaci interposti ai puntoni secondarj: 2.° dall'altra traversa orizzontale *o o*, che giace sui dorsi dei contropuntoni a contatto d'una staffa da cui i contropuntoni medesimi sono ritenuti: 3.° e finalmente da una terza traversa anch'essa orizzontale *p p*, appoggiata alla catena, ed aderente al monaco interposto ai puntoni secondarj, che stanno sulla catena medesima. Un' uguale disposizione di catene s' immagini sul fianco opposto, che nella figura non apparisce. Ad accrescere il concatenamento sono aggiunte sull' uno e sull' altro fianco le traverse oblique *a*, *a*, *e*, *e*; il collocamento delle quali bastevolmente s' intende con la semplice osservazione della figura.

§. 424. Niuna maniera d' armature offre tanta solidità, e tanta sicurezza per la regolare costruzione delle volte, quanta ne offrono quelle, nelle quali le centine sono sorrette da moltiplici sostegni, che si ergono da terra fra l' una e l' altra imposta. Fu già da noi avvertito (§. 415) quali difficoltà ordinariamente si oppongono all' applicazione di cotesto vantaggioso temperamento; ma pure queste non sono ognora insuperabili, ed in più d' una occasione si è potuto far uso di così fatte armature malgrado la ragguardevole elevatezza delle volte, o l' impedimento dell' acqua corrente fra i laterali piedritti. Le stesse armature di servizio inservienti alla costruzione de' muri, o piedritti laterali, possono talora prestare confacenti sostegni per

la centinatura della volta superiore; e bella prova ne ha dato il Rondelet nel costruire l'armature destinate a sostenere le grandi arcate intorno alla cupola di santa Genueffa, nell'atto che si eseguì il restauro dei quattro piloni (1). Nella costruzione del già menzionato ponte di Moulins (§ 410) il Regemortes stabilì l'armature dell'arcate sopra sostegni verticali, o candele sorgenti sul piano della platea, o basamento generale di muro, che si estendeva sopra tutta l'area fluviatile, la quale doveva essere occupata dall'edifizio. La forma delle centine è delineata nella figura 188. Le candele c, c, c s'innalzavano sopra zoccoli di legno distesi sui piedestalli di muro p, p, p piantati nella predetta platea. Gli altri piedestalli q, q, servivano d'imposte laterali alla centina. Non occorre che descriviamo il complesso della struttura della centina, che si comprende abbastanza osservando la figura. Veggonsi segnate le traverse orizzontali m, m, e le altre traverse oblique u, u, u per mezzo delle quali le centine erano incatenate l'una con l'altra.

Le arcate del detto ponte di Moulins avevano tutte la stessa apertura di m. 19,50. Ma il Gauthey ci offre (fig. 189) il tipo d'un'armatura dello stesso genere, proposta per la costruzione d'un'arcata dell'apertura di m. 40. La centina è retta da sette candele c, c, c,..., collegate da varii ordini di catene orizzontali, e rinforzate da buon numero di saettoni e di controsaettoni. Il concatenamento delle centine consiste in molte traverse orizzontali doppie, in forma di cinture $m\,n$, $m\,n$, $m\,n$,...., ed in altre traverse oblique u, u, u. Questo modello potrebbe servire di norma per qualunque caso, in cui le circostanze d'un fiume, avuto il debito riguardo, se occorre, alla libertà della navigazione, permettessero l'uso di simili armature per la costruzione dell'arcate di qualche ponte.

§. 425. Il peso d'una zona qualunque della volta compresa fra due centine contigue, esercita contro ciascuno dei dossali componenti il manto dell'armatura, e in direzione normale alla superficie curva del manto stesso, un conato variabile a seconda delle posizioni varie dei dossali, e dei diversi stadi della costruzione della volta. Vedremo nel seguente libro come possa determinarsi il valore di tale conato. Intanto osserveremo, che siccome questo è distribuito uniformemente in tutta la lunghezza del dossale, il quale è sostenuto nelle due estremità dalle due laterali centine, così la metà soltanto del valore di esso conato agisce contro la resistenza rispettiva del dossale nel suo punto di mezzo (§. 159 n.° 12). Quindi, conoscendo il conato, e stabilita la scambievole distanza dei dossali, si potrà agevolmente determinare la loro riquadratura, fissata che sia la distanza delle centine, o viceversa; a condizione che la resistenza rispettiva dei dossali sia valevole a far fronte al massimo dei conati, che da qualunque di essi, ed in qualunque epoca della costruzione, dovrà essere sopportato. E siccome per un'altra parte l'intero sforzo, che stimola il dossale, può considerarsi applicato metà nell'una e metà nell'altra estremità del dossale medesimo, così verranno pure ad esser note le forze, che stimolano ciascuna centina normalmente alla sua convessità, in tutti i punti ove si appoggiano i dossali; e facendo uso opportunamente delle formole statiche per la composizione, e risoluzione delle forze, si potranno determinare le pressioni che agiscono contro le varie specie di resistenza de' singoli membri del sistema, per ista-

(1) *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VI, sez. II, artic. IV.

bilire in corrispondenza di quelle pressioni le giuste dimensioni della riquadratura di ciascun membro. Ma in generale questa ricerca, istituita direttamente, costituisce un problema molto indeterminato, ed impegnerebbe all'esecuzione di lunghi ed implicati calcoli. Giova perciò d'appigliarsi piuttosto ai risultamenti dell'esperienza, e alle regole che ne ha dedotte qualche accreditato scrittore (1). Esaminando ciò che si è praticato nell'armature dell'ampie e pesanti arcate di molti celebri ponti moderni, si trova che la distanza scambievole delle centine è stata variata fra m. 1,79, e m. 2,27, e quindi può stabilirsene la misura media di m. 2. Le medesime centine sono state formate di membri, la riquadratura de' quali ha variato fra m. 0,25, m. 0,43. Del resto, quando sia data la forma delle centine, stabilite a discrezione secondo le norme testè additate le distanze loro scambievoli e le riquadrature de' varii membri componenti, sarà sempre facile d'istituire *a posteriori* un esame della stabilità dell'armature, con un processo analogo a quello, che fu già applicato all'armature de' coperti (§. 295 e seg.).

A ciascuno dei capi della vôlta deve essenzialmente essere stabilita una centina. Egli è chiaro che queste centine estreme portano solo poco più della metà per ciascheduna di quel carico, di cui è aggravata ognuna dell'altre. E siccome qualunque castello di legname, venendo sottoposto ad un gran carico, inevitabilmente si contrae alcun poco in grazia dell'assettarsi delle giunture, e di quello schiacciamento locale, che una gagliarda compressione suol produrre ove i membri si congiungono (§. 120), così la contrazione sarà più sollecita, e più insensibile nelle centine intermedie, che nelle due estreme. Da tale diversità può derivare qualche irregolarità nella figura dell'intradosso della vôlta, e forse anche qualche sconnessione nella materiale struttura della vôlta stessa. Importa perciò di procurare che la contrazione sia minima in tutte le centine, poichè allora la predetta diversità sarà nulla, o tenuissima; ed a tale effetto s'inculca la più scrupolosa esattezza nel taglio, e nella formazione delle congiunzioni, e nel far sì che le superficie delle parti poste a contatto sieno convenientemente proporzionate alla forza, con cui vicendevolmente si dovranno comprimere (§. citato).

§. 426. Le cose fin qui dette intorno al modo di regolar l'armature delle vôlte a botte sono generalmente applicabili anche all'armature dell'altre specie di vôlte. Se non che alla forma particolare della vôlta conviene che sia adattata non solo la figura convessa delle centine, ma ben anche la collocazione, e la distribuzione di esse. Ci riserberemo d'accennare quale debba essere la disposizione delle centine per l'armature delle varie vôlte, quando nel libro seguente cadrà in acconcio di distinguere queste in diverse classi, e nelle rispettive specie, dipendentemente dalle geometriche condizioni che ne determinano la figura e la posizione.

§. 427. Ci resta per ultimo a parlare delle puntellature (§. 402). L'arte di puntellare consiste nel saper adattare alle circostanze di qualche edifizio un sistema di legname, che, senza inutile profusione di membri, valga a ritenere quelle parti, le quali pel minacciato turbamento dell'equilibrio sarebbero in pericolo di ruinare, finchè con le opportune riparazioni sieno restituite al primiero stato di sicurezza. E ciò solo è quanto può dirsi in

(1) Gauthey. — *Traité de la construction des ponts.* — Lib. III, cap. I.

generale intorno alle puntellature. In particolare il sistema conviene che corrisponda, come si è detto, alle varie circostanze de' casi, delle quali troppo lungo sarebbe il novero. Gli espedienti ai quali più frequentemente si ha occasione di ricorrere in pratica ci vengono descritti dal Fontana (1), dal Masi (2) e dal Rondelet (3), e sono altronde per sè stessi facili ad essere concepiti da chiunque siasi ben impossessato de' precetti generali concernenti l'impiego del legname nell' occorrenze architettoniche, e siasi ben esercitato nell' applicazione de' precetti medesimi con lo studio di quei più interessanti sistemi, che sono stati spiegati nel corso di questo libro. Molte volte i membri delle puntellature, acciocchè possano entrare nei posti assegnati, convien tagliarli di lunghezza un poco scarsa, onde si trovano lenti in opera, e si stringono poi, per metterli in forza, per mezzo di zeppe di legno battute, e chiodate. Le puntellature di maggior difficoltà sono quelle delle vôlte; ma la loro struttura non differisce da quella dell' armature, che si adoperano nella costruzione delle vôlte medesime, di cui non ha guari abbiamo diffusamente parlato. Le già ricordate armature costrutte dal Rondelet sotto gli arconi della cupola di Santa Genueffa (§. 414), furono appunto semplicemente impiegate in qualità di puntelli, mentre si eseguirono i restauri de' piloni sorreggenti la stessa cupola. La vôlta della chiesa di Santo Spirito in Ferrara, la quale sul principio di questo secolo per gravi lesioni era divenuta mal sicura, vedesi tuttora puntellata con bella e robusta centinatura appostavi dal Foschini, Architetto di raro merito. Il nobilissimo scopo di conservare quei maestosi avanzi degli antichi monumenti, che hanno potuto resistere all'ingiurie non tanto del tempo, quanto della barbarie e dell'ignoranza, ci offre in Roma tutto dì occasione d'osservare grandiose puntellature; e degna singolarmente d' osservazione era quella, che negli scorsi anni reggeva la parte settentrionale dell' anfiteatro Flavio, finchè venne questa stabilmente assicurata con un ben inteso rinfianco di muro, che ci conserva nell'integrità delle sue forme e nella sua maestà, quel superbo frammento della romana grandezza.

(1) *Castelli e ponti di Maestro Nicola Zabaglia.* — Tavola XIII.
(2) *Teoria e pratica d' Architettura Civile.* — Cap. I, §. VII.
(3) *Traité théorique et pratique de l' art de bâtir.* — Lib. VI, sez. II, artic. IV.

SEZIONE TERZA

DELLE QUALITA' E DEGLI USI ARCHITETTONICI DEL FERRO E D' ALCUNI ALTRI METALLI

CAPO XVI.

DELLE PROPRIETA', DELL' APPARECCHIO, E DEGLI USI PIU' COMUNI DEL FERRO

§. 428. Il ferro è fra tutti i metalli il più utile nell'arte di fabbricare. Niuna materia è più di esso adattata per la formazione della maggior parte de' fabbrili strumenti. Nell' opere di legname è un mezzo opportunissimo per assicurare le congiunzioni de' varii membri, che compongono qualunque sistema. Nelle fabbriche murali si adopera spesso con gran vantaggio per incatenare l'una con l' altra le diverse parti dell' edificio, affinchè si prestino mutuo sostegno; o per frenare la spinta che una parte esercita contro un'altra, in caso che questa non sia capace d' opporre per sè sola una proporzionata resistenza. Si fanno generalmente di ferro tutti quei minuti articoli che compongono l' ordinario guarnimento all' imposte o serrami degli usci e delle finestre. Frequentemente anche se ne costruiscono alcune parti completive delle fabbriche, come sono cancelli, ringhiere, ed inferriate. A queste sole principali occorrenze si limitava ne' tempi andati l'uso del ferro. Ma presentemente i progressi dell' umana industria hanno saputo render più utile questo metallo, destinandolo a più grandi, e più nobili lavori. E quindi la moderna architettura ha fatto acquisto dell'arte d'impiegare proficuamente il ferro come precipuo ed unico materiale nella costruzione d'armature pei solai, e pe' coperti; nella fabbrica di mirabili ponti di varia struttura, e nello stabilimento d' un nuovo genere di strade, per cui presso alcune nazioni possono dirsi giunte al massimo grado la prontezza, la facilità e l' economia de' trasporti.

§. 429. Il ferro abbonda, ove più ove meno, in tutti i paesi della terra. Le miniere più celebri di questo metallo sono quelle della Svezia, tanto per la naturale ricchezza loro, quanto per l' arte, e per la cura singolare, con cui vengono governate. L' Italia ha ricche miniere di ferro nel Piemonte, e nella provincia di Brescia, che fa parte del regno Lombardo-Veneto. Le miniere dell'isola dell'Elba alimentano di ricco minerale le ferriere della Toscana e dello Stato romano, e tengono fornita di ferro tutta la parte meridionale della nostra penisola.

Il ferro è di colore bianco azzurrognolo tendente al bigio. Col pulimento acquista una superficie risplendente. La sua frattura è fibrosa, uncinata, ed ha un colore bigio chiaro, splendente. La sua tessitura è granulare, e fogliacea. Stropicciato tramanda un odore suo proprio; accostato alla lingua fa sentire un sapore astringente. È dotato di singolare durezza, e scintilla sotto la percossa dei corpi duri. La sua gravità specifica è fra 7600 e 7800, a seconda del suo stato di minore o maggior purezza. Cri-

stallizza per raffreddamento in cristalli ottaedri sorgenti gli uni sugli altri. Esso è malleabile a qualunque temperatura: cresce però in ragione della temperatura la sua malleabilità. Non è riducibile in foglie così sottili come l'oro, l'argento ed il rame; ma è assai più duttile di questi metalli, potendosi distendere in fili della sottigliezza d'un capello. Si ammollisce al fuoco, e giugne a liquefarsi alla temperatura di 158 gradi del pirometro di Weedgwood, che corrispondono a 9593 gradi del termometro di Reaumur. Il principale fra i suoi caratteri distintivi è quello d'essere attratto dalla calamita. Esso è anche capace di contrarre le qualità magnetiche, e tanto più quanto più è puro, ma non le conserva che per breve tempo. Il ferro è combustibile, e nella combustione si combina con l'ossigene, il quale lo priva delle qualità metalliche, e lo converte in una polvere bruna, rossa, oppure gialla, e talvolta anche bianca, conosciuta sotto il nome di *ruggine del ferro*, la quale altro non è che un ossido di ferro, combinato coll'acido carbonico.

§. 430. Il ferro si ritrae generalmente dal seno della terra combinato con altre sostanze. La maggiore o minor proporzione, con cui il metallo si trova unito alle altre materie componenti, costituisce il maggiore o minor grado di ricchezza della miniera. Il Brocchi analizzò le varie specie di minerale di ferro, che si estraggono dalle miniere del Bresciano, e discoprì per ciascuna specie le qualità e le proporzioni delle varie sostanze componenti (1). Il d'Aubuisson, per mezzo d'una chimica analisi, trovò che la miniera di ferro massiccia ed ocracea dell'Elba, in una massa, di cui il peso sia considerato di parti 100, contiene parti 83 di ferro al massimo grado d'ossidazione, parti 5 di silice, appena una traccia di manganese, e così d'allumina; l'altre dodici parti residuali perdonsi nel fuoco (2).

Il ferro si separa dall'altre sostanze, cui va unito, per mezzo della fusione del minerale, o *vena* metallica, in apposita fornace, alla quale si dà il nome di *forno fusorio*. Ma prima di mettere il minerale nel forno fusorio, si espone, dopo d'averlo rotto in piccoli pezzi della grossezza d'una noce, al fuoco in altri forni, che diconsi di *torrefazione*, e comunemente *forni d'ingrana*, affinchè s'intenerisca, per poter esser facilmente triturato, e acciocchè si volatilizzino lo zolfo e l'arsenico, che fossero in esso contenuti. Questa preparazione del minerale è generalmente in uso nelle ferriere d'Italia, quantunque in altri paesi si ommetta; e non è difatti necessaria, tutte le volte che la vena sia sminuzzata, e di natura facile a fondersi. Nel forno acceso si getta il minerale torrefatto, e triturato alternativamente col carbone, talvolta anche aggiungendo qualche altra sostanza, che dicesi *flusso*, capace di promovere la fusione delle terre mescolate coll'ossido di ferro. Ordinariamente in qualità di flusso si adopera la calce viva.

§. 431. I forni fusori sono di due sorta: *bassi* ed *alti*. Nei primi con una sola fusione si ottiene il ferro malleabile; nei secondi si ha con la prima fusione il ferro fuso, che dicesi anche *ghisa*, ed ha bisogno d'altra operazione per esser cambiato in ferro da fucina. I forni alti non sono adattati per ogni specie di minerale; e in generale con l'uso di essi si ot-

(1) *Trattato mineralogico e chimico delle miniere di ferro nel dipartimento del Mella* — Brescia 1807.

(2) Pozzi. — *Dizionario di Fisica e di Chimica applicata alle arti.* — Artic. *Miniere del ferro.*

tiene da una medesima quantità di minerale meno ferro che con le fornaci alte. Queste sono generalmente adottate nelle ferriere d'Italia Non ci fermeremo a spiegarne l'artifizio e il regolamento, che sono oggetti della metallurgia, ed a noi importa semplicemente d'aver cognizione in genere delle operazioni per mezzo delle quali si apparecchia il ferro, per quanto può servir di norma nella scelta, e nell'uso di questo metallo pei bisogni dell'architettura. Il metallo, che si raccoglie liquefatto nel fondo del forno, si fa scolare di mano in mano a riprese entro fossette esterne, nelle quali si rapprende in masse irregolari, che chiamansi *ferracce*, le quali si trascinano ad immergersi in una fossa piena d'acqua, d'onde estratte si spezzano per passarle alle fucine. Ma se vogliansi formare de' lavori di getto, si fa colare immediatamente il metallo fuso entro le forme disposte sul terreno intorno alla fornace. Le forme sono ordinariamente fatte d'argilla, e foderate internamente con uno strato o intonaco di polvere di carbone. Alternativamente col ferro si estrae dal forno la scoria o *loppa*, che galleggia sul liquido metallico, essendo di esso specificamente più leggera. È dessa una materia che risulta dalla combinazione dell'ossido di ferro colla silice, colla calce, e con altre sostanze eterogenee al metallo, e congelata diviene dura, spugnosa, e di nessun pregio.

§. 432. Si distinguono tre specie di ghisa, o sia ferro fuso; cioè la ghisa *bianca*, la *bigia* e la *nera*. La diversità di queste specie deriva dalla maggiore o minor quantità di carbonio, ch'esse contengono dipendentemente dalla forma e dalle proporzioni del forno fusorio, dal modo di regolarvi l'azione del fuoco sul minerale con la proporzionata giunta del carbone e della vena, e dalla qualità del flusso impiegato (§. 450). La ghisa, oltre il carbone, ha combinate in tenue proporzione col metallo altre sostanze, a seconda delle diversità del minerale. La sua gravità specifica è di 7251. Il suo colore è generalmente bigio con diverse gradazioni. È molto dura, a segno che ordinariamente resiste alla lima; ed è insieme così frangibile, che si spezza sotto i colpi del martello tanto a caldo, quanto a freddo. La sua poca tenacità la rende disadatta generalmente ai lavori, che debbono fare molta resistenza. Tuttavia la sua facilità ad essere fusa, e gettata in pezzi molto massicci, induce talvolta i costruttori ad adoperarla in grandi masse, che, gettate nelle convenienti forme, si ottengono delle necessarie figure e dimensioni, con molto maggiore facilità ed economia, che se si dovessero lavorare alla fucina.

La ghisa bianca è quella che contiene la minor quantità di carbonio. Secondo il risultato medio di varie analisi chimiche, in essa delle cento parti ve n'hanno 96,27 di ferro, 0,66 di carbone, ed il resto di altre sostanze. Essa distinguesi per la sua frattura che è d'un bianco argentino. È estremamente dura e frangibile; onde non conviene d'adoperarla in lavori, ove avesse a trovarsi esposta ad urti violenti. Ma per altro questa specie di ghisa è più dell'altre adattata ad essere convertita in ferro malleabile.

La ghisa bigia contiene maggior quantità di carbonio, e si riconosce al color piombino, che si mostra nella sua frattura. Ha un piccolo grado di duttilità, che le viene comunicato dalla piombaggine, o sia carburo di ferro, che in essa è contenuto. Possede altresì qualche grado di tenacità. È atta ad essere affinata, vale a dire ridotta a ferro da fucina; meno però della ghisa bianca. Le sue qualità la rendono specialmente adattata per la

fabbricazione dei pezzi d'artiglieria. Per un risultato medio di diverse analisi chimiche si è conosciuto che delle cento parti se ne trovano in questa specie di ghisa 93,97 di ferro, 2,76 di carbonio, ed il resto d'altre sostanze.

La ghisa nera contiene più carbonio delle due prefate specie. Nella sua frattura appariscono una grana fina, ed un colore più cupo di quello della ghisa bigia. È alcun poco pieghevole, ma di pochissima tenacità e si riguarda come la più disadatta pei lavori di getto.

Havvi anche un'altra specie di ferro fuso, che dicesi ghisa *mista*, ed è una qualità intermedia fra la ghisa bianca e la bigia, che più facilmente, e più utilmente dell' altre specie si converte in ferro malleabile. Essa è dotata di molta resistenza, per lo che se ne fabbricano le palle da cannone e le bombe; e si presceglie per la costruzione di quelle gabbie cuneiformi, le quali, come diremo nel seguente capitolo, servono per la costruzione dell' arcate di certi ponti di ferro, la struttura de' quali è analoga a quella dei ponti di pietra da taglio.

§. 433. La ghisa arroventata può esser tagliata per mezzo d' una sega ordinaria, con la medesima facilità con cui si tagliano i legni duri. È questa una proprietà importante, per cui la materia si rende atta ad essere ridotta a forme, e a dimensioni diverse da quelle che aveva assunte nel getto. Ma affinchè l'operazione riesca felicemente sono necessarie alcune avvertenze (1). 1.° Che la ghisa sia riscaldata a segno d' acquistare il colore del legno secco di bossolo. Riscaldandosi maggiormente, le parti vicine alle superficie divengono prossime alla fusione, e quindi si attaccano alla sega, e rendono imperfetto il lavoro. 2.° Per diminuire la resistenza giova che sieno grandi i tagli della sega. Ed importa ancora che la sega sia maneggiata con celerità, perchè in tal modo si riscalda poco, scorre meglio, e produce un taglio più dritto è più netto. 3.° Si sega più facilmente la ghisa quando è arroventata nella fornace, che quando è riscaldata alla fucina: attesochè in quella acquista un equabile grado di arroventamento, e all' opposto nella fucina, quella parte della pasta che è più esposta al soffio giugne quasi alla fusione, mentre l'altre parti giungono appena ad essere roventi.

§. 434. Varii metodi si adoperano per convertire la ghisa di ferro da fucina, i quali però nella sostanza si riducono ad un solo. Si pone la ferraccia sopra un focolare di fucina, si copre di carboni, e ravvivando il fuoco con un soffio perenne, si fa riscaldare la pasta metallica finchè si fonda. Mantenendola per qualche tempo in cotesta temperatura, e facendo sì che la forza del soffio vibri incessantemente sulla superficie del metallo fuso una vivissima fiamma, si viene intanto rivolgendo con un forcone la pasta, acciocchè tutte le sue parti si trovino una dopo l' altra alla superficie. Quindi la massa molle di metallo si sottopone sull' incudine ai colpi d' un pesante maglio mosso rapidamente dall' acqua. Si ripete quest' alternativa operazione di fuoco e di maglio quanto abbisogna, affinchè dal metallo si separino le sostanze eterogenee, e si riduca esso in una massa compatta, omogenea, e dotata d'un giusto grado d' elasticità. Allora le masse sono affinate, e vengono di nuovo riscaldate e battute sotto il maglio per ridurle in verghe cilindriche, o prismatiche, a formarne un assortimento pei varii bisogni d' architettura, e dell'arti che da essa dipendono. Le ver-

(1) Dufaud. — *Annales de Chimie* — Maggio 1812, pag. 218.

ghe si lavorano poi nelle varie occorrenze alle officine de' fabbri ferrai per formarne attrezzi, guarnigioni, macchine, ed altre moltissime maniere d'articoli, inservienti alle costruzioni, e ad innumerevoli usi meccanici ed economici.

§. 435. Gli usi stabiliti nei varii paesi determinano i diametri, e i lati della riquadratura delle verghe cilindriche, e prismatiche rettangolari, che compongono l'assortimento ordinario delle ferriere, e dei magazzini di spaccio. Per saggio d'un copioso assortimento, e per comodo degl' Ingegneri si offrono le due seguenti tabelle degli ordinari assortimenti in verghe cilindriche, ed in verghe prismatiche, che provengono dalle nostre ferriere. Le lunghezze delle verghe sono indeterminate; le dimensioni delle sezioni sono riportate tanto in misura romana, quanto in misura metrica. L'assortimento è distinto in tre classi, cioè ferro *ordinario*, *modello*, *e distendino*, dipendentemente e dalla maggiore o minor grossezza delle verghe, e dal rapporto che passa fra i lati della riquadratura. Questa distinzione è necessaria in grazia del maggiore o minor lavoro che si richiede nella fabbricazione delle verghe, e quindi del loro maggior o minor valore in commercio. Il ferro ordinario è quello che richiede minor lavoro, e che costa meno; maggior lavoro richiede il ferro modello, ed il suo valore per conseguenza è alquanto più alto; finalmente il distendino esige maggior fattura degli altri, e costa anche alcun poco più del modello. Presentemente alle nostre fabbriche i prezzi delle tre classi sono fra loro nella ragione di 42: 44: 46.

TABELLA I.

Assortimento ordinario del ferro lavorato in verghe cilindriche proveniente dalle ferriere dello Stato Romano.

classificazione	DENOMINAZIONI USUALI D'ASSORTIMENTO	Diametro	
		once romane	milli-metri
modello	Tondo n. 1	1,7	32
	Tondo n. 2	1,5	28
	Tondo n. 3	1,2	22
distendino	Tondino n. 1	1,0	19
	Tondino n. 2	0,9	17

TABELLA II.

Assortimento ordinario del ferro lavorato in verghe prismatiche rettangolari proveniente dalle ferriere dello Stato Romano.

classificazione	DENOMINAZIONI USUALI D'ASSORTIMENTO	larghezza		grossezza	
		once romane	milli-metri	once romane	milli-metri
ordinario	Quadro n. 1	2,7	50	2,7	50
	Quadro n. 2	1,9	35	1,9	35
	Quadro n. 3	1,8	33	1,8	33
	Quadro n. 4	1,5	28	1,5	28
	Quadro n. 5	1,2	22	1,2	22
	Quadro n. 6	1,1	20	1,1	20
	Quadro n. 7	1,0	19	1,0	19
	Quadro n. 8	0,9	17	0,9	17
	Spiaggia n. 1	4,5	84	1,2	22
	Spiaggia n. 2	4,5	84	1,0	19
	Spiaggia n. 3	3,5	65	1,0	19
	Spiaggia n. 4	3,8	71	0,7	13
	Spiaggia n. 5	3,8	71	0,6	11
	Cerchione n. 1	3,0	56	1,2	22
	Cerchione n. 2	3,0	56	1,1	20
	Cerchione n. 3	2,2	41	1,5	28
	Cerchione n. 4	2,8	52	1,1	20
	Cerchione n. 5	2,3	43	1,2	22
	Cerchione n. 6	2,2	41	1,2	22
	Cerchione n. 7	2,9	54	0,6	11
	Cerchione n. 8	2,4	45	0,7	13
	Cerchione n. 9	2,5	47	0,6	11
	Cerchione n. 10	1,9	35	0,7	13
	Cerchione n. 11	2,0	37	0,6	11
	Cerchione n. 12	2,0	37	0,5	9
	Verga detta da Mulo	2,2	41	0,6	11
modello	Spiaggia	6,0	112	0,4	7
	Verga n. 1	2,9	54	0,4	7
	Verga n. 2	2,7	50	0,4	7
	Piastra	4,3	80	0,3	4
distendino	Quadretto	0,7	13	0,7	13
	Righettone n. 1	2,3	43	0,4	7
	Righettone n. 2	2,5	47	0,3	6
	Righettone n. 3	2,3	43	0,3	6
	Righetta n. 1	2,1	39	0,3	6
	Righetta n. 2	2,3	43	0,2	4
	Righettina n. 1	1,5	28	0,2	4
	Righettina n. 2	1,2	22	0,2	4
	Verga n. 1	1,6	30	0,4	7
	Verga n. 2, detta cavallina	1,5	28	0,4	7
	Bastardello n. 1	1,3	24	0,4	7
	Bastardello n. 2	1,5	28	0,3	6

§. 436. Per qualche lavoro di particolar forma, e di dimensioni superiori a quelle dell' assortimento, si preparano alle ferriere le masse adattate, a seconda delle ordinazioni de' costruttori. Le lamiere, e i fili di ferro di varie grossezze si apparecchiano in apposite fabbriche, e per mezzo d' opportune macchine, che diconsi *strettoi*, e *traffile*, ovvero anche *filiere*. Dicesi *bandone* la lamiera ordinaria, più o meno grossa, le di cui superficie sono nude; la *latta* è una lamiera più sottile, che ha le sue superficie coperte d' un leggero strato di stagno. Tirato allo strettoio il ferro in fogli o lamine sottili si lasciano esse immerse per ventiquattro ore nell' acqua acidula di crusca; ovvero d' acido solforico, e quindi si estraggono e si lasciano asciugare, dopo di che s' immergono nello stagno liquefatto. Facendole poi di nuovo passare così stagnate per uno strettoio, si ottiene che non solo lo stagno si stende ugualmente sulla superficie della lamina, ma penetra ben anche nelle porosità del ferro, onde i fogli riescono compatti, ed impermeabili all' acqua ed all' aria. Alle trafile, o filiere si tira il ferro in fili più o meno sottili con incredibile celerità ed economia; i quali trovansi in commercio in copioso assortimento, per le moltiplici occorrenze dell' architettura e dell' arti.

§. 437. Il ferro di fucina distinguesi anch' esso in tre specie. La prima specie è il ferro *dolce*, la di cui frattura è di color piombino, e in grande mostrasi piuttosto granulare che fibrosa; ma in piccolo la frattura di esso fa vedere una fibra nervosa, che si strappa come il piombo. Questa specie di ferro è tenacissima, duttile a caldo e a freddo, docile alla lima, a al trapano, ma incapace d' essere ridotta ad un perfetto polimento. È adattata a tutti i grandi lavori di fucina.

La seconda specie è il ferro *agro* che ha una frattura lucente, granulare a faccette, in cui non apparisce verun segno di filamenti nervosi. Questa specie non è duttile nè a caldo nè a freddo; è dura in modo che resiste alla lima; ed ha insieme pochissima tenacità. Quindi riesce disadatta ad ogni sorta di lavori, e solo atteso la molta sua durezza, può convenirne l' uso per la formazione di qualche articolo di costruzione, il quale non debba resistere che all' attrito.

La terza specie di ferro abbraccia molta varietà, che costituiscono i diversi gradi di passaggio fra il ferro dolce e il ferro agro. Tra queste varietà ve ne sono alcune duttili soltanto a caldo, ed altre duttili semplicemente a freddo. Si arguisce la maggiore o minore bontà del ferro di questa specie, secondo che la sua frattura si mostra più somigliante a quella del ferro dolce, ovvero a quella del ferro agro.

§. 438. La ghisa si converte in ferro di fucina per mezzo dell'affinazione, che deriva dall' azione combinata del fuoco e del maglio. Il fuoco ammollisce la pasta: il maglio n'espelle le sostanze eterogenee, avvicina ed unisce le molecole metalliche, e rende così la massa omogenea e compatta. Per altro l' azione del maglio non si estende che a poca profondità; onde accade generalmente che i ferri in verghe sono dolci nelle parti prossime alla superficie, ed agri nell' interno della massa. Il Rondelet dedusse da molte osservazioni, che l' effetto del maglio non s' interna più di due linee del piede di Parigi, che equivalgono prossimamente a quattro millimetri e mezzo, sotto la superficie delle verghe piatte, e così di quelle quadre di picciola riquadratura; e non più di mezza linea, vale a dire poco più d' un milli-

metro, nelle grosse verghe quadre (1). Questa è la ragione per cui generalmente il ferro in verghe piatte, e quello in sottili verghe quadre, o cilindriche, è in proporzione più tenace di quello in grosse verghe, come vien dimostrato dalla giornaliera esperienza. E si spiega così anche quella tanto maggior tenacità, che in parità di riquadratura si possede dalle grosse verghe formate per mezzo dell' unione d'altre piccole verghe saldate insieme alla fucina ed al maglio in tutta la lunghezza loro, di quella dalle verghe lavorate per mezzo della semplice ordinaria affinazione (§. 434).

§. 439. In generale pel lavorio del ferro s'inculcano alcune interessanti avvertenze, dalle quali dipendono la finezza e la bontà del metallo. 1.° La fusione del minerale deve eseguirsi con un fuoco regolato. Il fuoco se è troppo debbole non vale a purificare il metallo, e dà le paste poco purgate, e se è troppo vivo produce abbondanza di scorie, nelle quali si perde una parte del metallo contenuto nel minerale. 2.° Il ferro di fucina perde in bontà se riscaldato venga immerso nell' acqua; e tanto più deteriora, quanto più l'acqua è fredda. 3.° Deteriora anche il ferro se dopo che è stato arroventato si lascia raffreddare senza batterlo; esso diviene agro e fragile a freddo (§. 437). 4.° Generalmente si abbia presente che il fuoco, mentre da una parte è necessario pel raffinamento del ferro, poichè ammollendo la massa la dispone a provare i vantaggiosi effetti del maglio, da un'altra parte gli nuoce, perchè la pasta contrae sempre al fuoco qualche quantità di ossigene e di carbonio. E quindi si prescrive che nell' affinazione del ferro l' uso del fuoco debba essere moderato, mentre il battere non può mai essere soverchio.

La finezza del ferro dipende più dalle cure della fabbricazione, e specialmente dell' affinazione, che dalle qualità del minerale; a segno che il Buffon non dubitò d'asserire, che col regolato uso del fuoco, e con la prolungata e ripetuta operazione del maglio, si può da qualunque miniera ricavare il metallo portato allo stesso grado di raffinamento.

§. 440. L' acciaio è una specie di ferro, che si distingue specialmente per essere più duro, più elastico, e più sonoro del ferro ordinario, di cui è una modificazione dipendente da una particolar combinazione del metallo col carbonio. Quanto maggiore è la sua bontà, tanto più la sua frattura è granosa, uniforme, e languidamente risplendente. La gravità specifica dell' acciaio è maggiore di quella del ferro fuso, ed anche di quella del ferro di fucina. Il Rinmann ne fissò il valor medio uguale a 7795; ma l'acciaio inglese fuso ha di peso specifico 7919 (2). Si fonde alla temperatura di 130 gradi del pirometro di Weedgwood: stenta più del ferro ad acquistar le qualità magnetiche: ma le conserva altresì più lungamente. Si ossida più difficilmente del ferro affinato, ma con maggior facilità della ghisa.

Alcuni minerali di ferro danno immediatamente l'acciaio con la prima loro fusione. Questo dicesi *acciaio naturale*. La ghisa bigia sottoposta all' affinazione, combinandosi con nuovo carbonio fino ad $\frac{1}{333}$ della sua massa, si converte in acciaio; ed è questo conosciuto sotto la denominazione d'*acciaio di Germania*. L'acciaio così detto *di cementazione* si ottiene rinchiu-

(1) *Traité de l' art de bâtir* — Lib. VII, sez. II, artic. II.
(2) Pozzi. — *Dizionario di Fisica e Chimica applicata alle arti.* — Artic. *Acciaio*.

dendo in mezzo alla polvere di carbone delle verghe di ferro in una cassa esposta ad un fuoco intenso, ove il carbone per mancanza d' ossigene non può bruciare, e quindi si combina col ferro. L' anzidette specie d' acciaio, fuse col sussidio d' un opportuno flusso chimico, ne producono un'altra specie, che chiamasi *acciaio fuso*, o *di getto*. Saldando insieme alla fucina diverse lame, alcune di ferro, altre d'acciaio, se ne ricava un composto a cui i Francesi danno il nome d' *étoffe*, il quale alla tenacità del ferro unisce in sè la durezza, e l' elasticità dell'acciaio. Con tale artifizio si prepara il rinomato *acciaio di Damasco*.

§. 441. Dopo questa breve esposizione dei caratteri naturali del ferro, e delle varie operazioni per mezzo delle quali vien esso apparecchiato in diversi stati, e in diverse forme pei bisogni dell' architettura e delle arti, importa sommamente di conoscere in qual grado questo pregevolissimo metallo possegga le varie specie di resistenza, cui può essere destinato ad esercitare nelle moltiplici occorrenze dell' arte di fabbricare. Per la qual cosa, riassumendo le formole meccaniche appartenenti alle diverse specie della resistenza de'solidi, delle quali ci siamo già prevalsi altra volta nel capo II di questo medesimo libro, non avremo se non che da consultar l' esperienza, per poter con la scorta di essa determinare quegli elementi numerici, che abbisognano per applicar quelle formole medesime ai casi pratici. Varii Fisici ed Architetti eransi già da qualche tempo dedicati alla sperimentale esplorazione del ferro, per indagarne le varie specie di resistenza. Ma a questi giorni, dopo i nuovi e grandi usi a cui questo metallo è stato dedicato, si sono moltiplicati, e si moltiplicano tutto dì gli sperimenti in varie parti dell' Europa, a segno tale che nella moltiplicità de'risultati la pratica ha modo oggimai d' andar al sicuro nell'impiegare il ferro per qualunque ufficio di resistenza. La recentissima opera di Navier (1), di cui facemmo già menzione (§. 422), ci offre una copiosa serie di risultati intorno alle varie resistenze del ferro, nei diversi stati, e nelle diverse circostanze del suo apparecchio, ottenuti anche nelle più moderne esperienze, istituite principalmente nella Francia e nell' Inghilterra. Troppo lungo, e forse inutile sarebbe di riferire minutamente tutti cotesti risultati; e ci limiteremo perciò ad addurre i valori medii delle varie specie di resistenza che dai medesimi si ricavano, non omettendo altresì d' indicare il minimo ed il massimo valore di ciascuna specie, che si sono effettivamente ottenuti in alcune esplorazioni. Questi sono i dati che bastano nelle pratiche applicazioni, per poter in ogni caso proporzionare la resistenza alle forze contro cui debbono agire, ovvero per poter indagare se, ed in qual grado, debba farsi fondamento sulla stabilità di una data costruzione.

§. 442. Incominciando dalla resistenza assoluta, o sia dalla tenacità, per cui le fibre di un solido resistono ad una forza, che tende direttamente a stirarle, indicheremo qui sotto i limiti, entro cui hanno vagato i risultati degli sperimenti fatti sul ferro nelle varie modificazioni del suo apparecchio, ed i valori medii che si deducono da tutti i medesimi risultati. Il massimo, il minimo, ed il medio valore dei risultati dell' esperienza vengono espressi in chilogrammi dai corrispondenti pesi, che una verga di metallo può so-

(1) *Résumé des leçons etc. sur l' application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines.* — Paris 1826.

stenere per ogni millimetro quadrato dell'area della sezione perpendicolare alla direzione della forza distraente.

	massimo	*minimo*	*medio*
Ghisa o ferro fuso	chil. 18,1	chil. 11,3	chil. 13,7
Ferro lavorato in verghe	» 51,0	» 18,0	» 42,4
Fil di ferro	» 89,8	» 49,3	» 63,5
Lamiera tirata pel verso dello strettoio . . .	» 45,4	» 36,1	» 40,8
Lamiera tirata per traverso	» 39,5	» 33,5	» 36,4
Acciaio	» 94,4	» 27,9	» 69 9

Fralle molte sperienze registrate dal Navier, dalle quali si è ricavato il valor medio della tenacità del ferro in verghe, sono pure comprese quelle che furono già istituite in Roma dal Poleni (1) nell'occasione che si discutevano i ripari da farsi alla gran cupola della Basilica Vaticana, per arrestare quelle lesioni, e quei movimenti, che si osservavano in essa venirsi grado a grado aumentando. Gioverà di conoscere distintamente i risultati di cotesti sperimenti, i quali ci danno un particolar lume sulla resistenza assoluta del nostro ferro. Assunto per unità di misura superficiale il quadrato d' un minuto, o sia di una sessantesima parte del palmo romano architettonico (§. 192), e per unità di peso la libbra romana (chil. 0,339344), risultò la massima resistenza assoluta di libbre 2036, la minima di libbre 1620, e la media di libre 1821; valori che ridotti a misura, e a peso moderno danno per ogni millimetro quadrato la resistenza massima di chil. 50, la minima di chil. 41, e la media di chil. 44,50.

§. 443. Quanto alla resistenza assoluta del fil di ferro sarà utile di sapere, 1.° che l'esperienza di cui abbiam qui sopra notati i risultati massimo, minimo, e medio, sono state tentate sopra fili di vario diametro da m. 0,0002294 a m. 0,005942: 2.° che si è osservato non succedere sensibile alterazione nella resistenza assoluta dei fili per le variazioni di temperatura, che possono accadere fra 22,5 gradi sotto lo zero, e 92,5 gradi sopra lo zero del termometro centigrado (2): 3.° che ricuocendo il fil di ferro, la sua resistenza assoluta diminuisce, e si riduce a poco più della metà di quello ch'era prima (3): 4.° finalmente che la resistenza assoluta dei fili non soffre alterazione, venendo essi ravvolti intorno a verghe cilindriche di diametro non minore di quattro millimetri (4).

§. 444. Molte sperienze sono state fatte per determinare direttamente la resistenza rispettiva della ghisa o ferro fuso, per la quale reggono quelle medesime formole meccaniche che furono già richiamate in proposito della resistenza rispettiva del legname (§. 159). Prendendo il medio fra tutti i valori del coefficiente costante k, che sono risultati nella moltitudine degli sperimenti, si può stabilire $k = 9527726$, tenendo sempre il metro per unità della misura lineare, e per unità di peso il chilogrammo. Questo

(1) Vedi la sua opera. — *Memorie istoriche della gran cupola del tempio Vaticano.* Padova 1784. — Lib. I. §. 144, 145.

(2) Dufour. — *Description du pont suspendu en fil de fer construit a Geneve.* — Cap. II, §. 6.

(3) Nella stessa opera. — Cap. II, §. 1.

(4) Ivi. — Cap. II, §. 4.

valore di k è minore di quello che deriva dal risultato medio delle sperienze sulla resistenza assoluta, il quale darebbe $k = 13700000$ (§. 442). Presi particolarmente i risultati d'alcune sperienze del Rondelet sulla ghisa bigia, si deduce per un dato medio $k = 5991000$; e considerati da un'altra parte i risultamenti d'altre sperienze fatte dal Rennie, si ha per un altro valor medio $k = 12860000$. Possono quindi questi due valori prendersi con sicurezza in pratica per limiti di k, sebbene rigorosamente il massimo dei valori dati dall'esperienza sia maggiore di 12860000, ed il minimo dei valori medesimi sia anche minore di 5991000.

Non ci si offrono esperimenti concludenti per poter direttamente determinare il valor di k, appartenente alla resistenza rispettiva del ferro di fucina. Questa d'altra parte è cosa ben rara che venga posta a cimento nelle costruzioni. Tuttavia gli adotti risultati del massimo, del minimo, e del medio valore della resistenza assoluta (§. 442) danno pel ferro di fucina, o sia in verghe, il valor medio di $k = 42400000$: il valor massimo $= 51000000$, ed il minimo $= 18000000$. Potranno ugualmente dedursi, in mancanza d'apposite sperienze, il massimo, il minimo, ed il medio valore di k per la resistenza rispettiva dei fili e delle lamiere di ferro, non che per quella dell'acciaio.

§. 445. Non troviamo citato che il solo risultato d'una sperienza del Rondelet intorno alla resistenza alla compressione del ferro di fucina. E niuno sperimento sappiamo che sia stato instituito per determinare la resistenza alla compressione della ghisa. Il Rondelet ci fa sapere (1) che nel suo sperimento una verga di ferro lunga piedi 2 di Parigi (m. 0,6496), e della riquadratura d'un pollice (m. 0,02707), cominciò a piegarsi sotto il carico di libbre parigine 39800 (chil. 19482). Confrontando questo risultato con la formola meccanica della resistenza d'un solido parallelepipedo (§. 164), ne dedurremo un valore del coefficiente h, cioè $h = 126254825$, del quale ci potremo valere cautamente in pratica, finchè da ripetuti sperimenti si possa ricavare un dato medio, che sia meritevole di maggior fiducia.

§. 446. I solidi grossi e corti, generalmente, sotto una gagliarda compressione, invece di piegarsi restano schiacciati, siccome appunto avvertimmo intorno alle corte travi di legno (§. 169). Si è osservato nel ferro che lo schiacciamento avviene a preferenza dell'inflessione, tutte le volte che una verga tirata alla fucina, ovvero una spranga di getto, ha la lunghezza meno che tripla del minor lato della sua riquadratura; ovvero del suo diametro qualora fosse cilindrica. Ne nasce quindi quella varietà della resistenza alla compressione, cui nel prospetto delle varietà architettoniche del legname alla fine del capo II di questo libro abbiamo distinta con la denominazione di resistenza allo schiacciamento. Varie sperienze sono state fatte per indagare a quanto giunga questa sorta di resistenza nei solidi di ghisa e di ferro lavorato in verghe. Il Navier ne ha diligentemente raccolti i risultati, per mezzo dei quali per norma della pratica si possono stabilire i seguenti dati circa il valore della resistenza del ferro allo schiacciamento per ciascun centimetro quadrato dell'area della sezione perpendicolare alla direzione della forza comprimente:

(1) *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VII, sez. II, artic. II.

	massimo	*minimo*	*medio*
Ghisa o ferro fuso	chil. 12529	chil. 6331	chil. 9404
Ferro di fucina	» 5012	» 4887	» 4945

§. 447. I dati numerici dedotti dai risultamenti delle sperienze, che abbiamo fin qui riferiti, somministrano il mezzo di valutare le varie specie di resistenza nel ferro fuso, e nel ferro affinato, quando si tratta di metterle a breve cimento. Ma quando il ferro s'impiega nelle fabbriche, e si costringe ad un incessante esercizio di resistenza, per ragioni analoghe a quelle che furono dette in proposito del legname (§. 163, 168), la sicurezza degli edifizi richiede, che alla resistenza dei ferramenti si contrappongano forze assai minori di quelle, che il valor primordiale della stessa resistenza potrebbe comportare; e vale quanto il dire, che la resistenza debba valutarsi assai meno di quella che nel ferro si manifesta per un'azione istantanea. Per la qual cosa non si può prender lume che dall'esempio di quanto si vede praticato nelle fabbriche di provata stabilità, per istabilire sul fondamento d'autorevoli osservazioni delle norme sicure da eseguirsi nelle pratiche occorrenze (1).

§. 448. La resistenza assoluta del ferro non può valere, per un'azione costante e di lunga durata, che un settimo, o al più un sesto del medio valore primordiale (§. 442); vale a dire che pel ferro lavorato in verghe non può valutarsi che di 6, o 7 chilogrammi al più per ciascun millimetro quadrato della sezione. E per un'azione intermittente, cioè quando la forza traente non sia costante, ma ora minore, ed ora maggiore non oltre un certo limite, quale è spesso il caso de' ferramenti impiegati in molte macchine di vario genere, la resistenza continua può valutarsi un quarto della primordiale; vale a dire circa 10 chilogrammi per ogni millimetro quadrato nel ferro da fucina, e tre in quattro chilogrammi per millimetro quadrato nel ferro fuso. Ma questo, per quanto si ristringa a poco l'esercizio della sua resistenza, non lascia mai abbastanza al sicuro, qualora si trovi esposto a ricevere violente scosse.

§. 449. La resistenza rispettiva del ferro di fucina, a giudizio di Navier (2), per un'azione prolungata deve valutarsi riducendo il valore di k a 3333333, che è circa $1\frac{1}{4}$ del suo valore medio dedotto dalla resistenza assoluta (§. 444). Osserva lo stesso Navier che una verga di ferro soggettata ad un conato equivalente a questa resistenza rispettiva ridotta, s'inflette bensì alcun poco, per quanto corrisponde ad un allungamento delle fibre uguale a 0,0005 della lunghezza del solido, ma che questo picciolissimo allungamento non è capace di produrre alcuna svantaggiosa alterazione nel metallo.

Parimente per la ghisa si prescrive che la resistenza rispettiva continuata debba dedursi facendo k uguale ad un quarto del suo valore desunto dal risultato medio delle sperienze sulla resistenza rispettiva primordiale (§. precitato), vale a dire $k = 2381934$. Un conato equivalente alla resi-

(1) V. La precitata opera di Navier. — Sez. I, artic. VII.
(2) Nel luogo precitato.

stenza, che corrisponde a questo valore di k, produce nel solido un' inflessione, per cui le fibre si dilatano di 0,00064 della loro lunghezza; ma si riguarda tale allungamento esso pure incapace d' alterare la costituzione del metallo.

§. 450. Intorno al valore da attribuirsi alla resistenza alla compressione, e alla resistenza allo schiacciamento del ferro per un continuato esercizio, non abbiamo veruna prova di fatto, sulla quale si possa fondare un giusto criterio. Tuttavia dal prefato scrittor francese si stabilisce per un verisimile giudizio, che queste due sorta di resistenza nel ferro debbano in pratica ad esercizio continuato valutarsi un quarto soltanto de' loro primordiali valori ricavati dai risultati medii delle sperienze (§. 445, 446).

§. 451. Il ferro ossidandosi si consuma, e s' indebolisce. Quest'alterazione del ferro pregiudica alla stabilità e alla durata di quelle fabbriche, in cui cotesto metallo è adoperato per essenziali esercizi di resistenza. Ed oltre al danno che deriva dall' affievolimento della resistenza, d'un altro sconcerto è causa talvolta la ruggine; poichè facendo aumentare il volume del solido metallico, produce un conato nell'interno delle pietre, ove il ferro si trova inserito, che giunge talvolta ad operare lo squarciamento delle pietre medesime. L' ossidazione del ferro è promossa dall' umidità, e quindi giova a preservare il ferro dalla ruggine qualunque intonaco di materia, che impedisca l' accesso dell' umido sulla superficie del metallo. Il grasso animale, gli oli, e le resine sono sostanze adattate qual più qual meno ad essere adoperate per intonacare i ferramenti, e tenerne lontana la ruggine. Comunemente si fa uso dell' olio di lino cotto, a cui fassi prender consistenza formandone una vernice, con unirvi il nero di fumo, o la polvere di carbone. Le vernici composte di terra ocracea sarebbero dannose, poichè gli acidi contenuti in cotali terre tendono ad eccitare l'ossidazione del metallo. Per la medesima ragione è necessario di guardarsi dal far uso di olj, o di grassi irranciditi, capaci di sviluppare dei principj acidi.

Le vernici ordinarie hanno il difetto di togliere al ferro l' apparenza, e lo splendore metallico. Perciò sui lavori fini, ai quali si vuol serbare la lucidezza propria del metallo, si adopera una preparazione di copale, e d' olio di trementina, allungata con olio di lino cotto (1); ovvero anche, secondo un moderno ritrovato, una soluzione di gomma elastica nell' olio di trementina (2).

§. 452. Sarà utile d' aggiungere alcune avvertenze intorno a varie accidentalità della disposizione, che ha il ferro ad irrugginirsi.

1.° Il Muschenbroek si era assicurato per esperienza, che un pezzo di ferro chiuso in un vaso pieno d' acqua pura, e ben turato, non irrugginisce. Ed il Rondelet asserisce d' aver osservato molti ferramenti, ch' erano rimasti sott' acqua più di trent' anni a far parte d'idrauliche costruzioni, i quali non avevano ombra di ruggine, e sembravano venuti allora dai magazzini (3).

2.° Soggiunge lo stesso Rondelet che nella demolizione di varie vecchie fabbriche ha veduto ricavarsi dei ferramenti, i quali erano stati totalmente

(1) Pozzi. — *Dizionario di Fisica e Chimica applicata alle arti.* — Artic. *Ferro.*
(2) *Bibliotéque phisique économique.* — Novembre 1822.
(3) *Traité de l' Art de bâtir.* — Lib. VII, sez. II, art. I.

avviluppati di malta ordinaria di calcina, ed avevano appena le loro superficie leggermente coperte di ruggine.

3.° Il contatto dello zolfo promove grandemente l'ossidazione del ferro. Quindi il gesso, il quale è un zolfato di calce, fa che ben presto i ferramenti, che ne sono contornati, vengano consunti dalla ruggine. Si proscrive perciò l'uso del gesso, ove si tratti di murare dei ferramenti, come pure l'uso dei mastici sulfurei per saldare i ferramenti nelle pietre. E per questa stessa ragione nei paesi, ove si fa grand'uso di gesso nella costruzione dei muri, sogliono i muratori servirsi di cazzuole, o cucchiaie di rame.

4.° I ferramenti che hanno le superficie ridotte con la lima si ossidano assai meno di quelli, che sono semplicemente tirati a martello.

§. 453. Il ferro, quantunque dotato di singolare durezza, tuttavia in grazia della sua facoltà d'ammollirsi e di fondersi al fuoco, della sua duttilità, e della sua cedevolezza alla lima, si rende atto a ricevere qualunque forma per gl'innumerevoli usi a cui è destinato. Nei lavori composti di varii membri, questi talvolta sono uniti l'uno all'altro per mezzo di saldature, e talvolta per mezzo di semplici congiunzioni ad incastro come i membri d'un sistema di legname. L'arte di saldare il ferro affinato è comune ed antichissima; ma la maniera di saldare insieme due pezzi di ferro fuso è un ritrovato recente fatto ai nostri giorni in Italia dal Morosi (1). Le minute pratiche del lavorio del ferro che costituiscono l'arte del fabbro ferraio, somministrerebbero copiosa materia ad un particolare trattato. Noi ci contenteremo delle notizie, e delle norme generali, che abbiamo fin qui additate, dalle quali un Ingegnere può aver lume sufficiente, per essere al caso d'impiegare con profitto, e con sicurezza il ferro in qualunque occorrenza dell'arte di fabbricare.

§. 454. La ghisa, o sia il ferro fuso, può adoperarsi per la formazione di tutti quegli articoli di molto volume, in cui si ricerca più la solidità che la delicatezza del lavoro, e che debbono far resistenza soltanto alla compressione e all'attrito. Quindi se ne formano termini di confine, ralle (§. 363), fodere per focolari di cammini ec. Se ne fanno altresì ottimi tubi pei condotti delle acque. Della buona riuscita di tali tubi ne abbiamo avuta recentemente una prova nel nuovo acquedotto di Perugia. Nella Russia son già parecchi anni che si è introdotto l'uso di far colonne, e cornicioni di ghisa; e veggonsi oggi a Pietroburgo ed a Mosca alcuni grandiosi monumenti, ornati d'ordini architettonici, tutti di ferro fuso (2). Si vedrà nel seguente capitolo come la ghisa abbia parte nella costruzione d'alcune specie di ponti, e delle strade a rotaie di ferro.

§. 455. Continui, e numerosissimi sono gli usi del ferro di fucina nelle costruzioni. Ci restringeremo a dar qualche cenno de' principali. A norma dei varii fini a cui debbono servire i ferramenti nelle fabbriche, se ne possono formare quattro classi cioè: 1.° ferramenti *di ritegno*: 2.° ferramenti *di collegamento*: 3.° ferramenti *di riparo* 4.° per ultimo ferramenti *di guernimento*.

§. 456. Ferramenti di ritegno sono quelli, l'ufficio de' quali si è di tener ferma nella sua positura qualche parte d'un edifizio, facendo contrasto a

(1) *Memorie dell' Istituto Lombardo-Veneto.* — Anno 1814-1815, pag. 165.

(2) Borgnis. — *Traité élementaire de construction.* Lib. I, art. IV.

quelle forze, che tenderebbero a rovesciarla, o a cangiarne comunque la posizione. Appartengono a questa classe quelle spranghe, impiegate sotto il nome di *tiranti* o *chiavi*, ovvero anche *catene*, le quali servono a legare insieme i due fianchi d'un arco, o d'una vôlta per contenerne le spinte, contro cui non sarebbero validi da sè soli a resistere i laterali piedritti; e talvolta eziandio ad incatenare l'uno con l'altro due muri per impedire il rovesciamento d'uno di essi, che senza tale sussidio sarebbe in pericolo. Nell'uno e nell'altro caso le chiavi sono poste orizzontalmente, e sono o d'un solo pezzo, ovvero di molti pezzi congiunti nell'estremità, nel qual caso più propriamente ricevono il nome di catene. L'estremità delle verghe componenti vengono annodate o ad *uncino*, come vedesi indicato nella fig. 190; o a *cerniera*, come nella fig. 191; ovvero *a tanaglia con zeppe o copiglie* inserite, come nella fig. 192; o finalmente *a tallone con briglie e con zeppe*, nel modo che vedesi rappresentato nella fig. 193; o in altro consimile. I due capi della chiave sono fitti nei muri da essa incatenati, e li ritengono mediante lunghe verghe chiamate *paletti*, che passando entro gli occhi, o le asole fatte a bella posta negli estremi della chiave, e strettivi a forza di zeppe battute (fig. 194), si appoggiano per buon tratto lungo le facce esteriori dei muri.

Per consolidare le cupole, invece de' tiranti si adoperano dei cerchioni o cinture di ferro; espediente messo in uso in varie epoche per fortificare la meravigliosa cupola vaticana, e per frenare i minacciosi movimenti che vi erano apparsi, e del quale si è avuto esempio anche in altre grandi cupole dell'Italia (1) Le cinture delle cupole si compogono di molte spranghe incurvate, e possono essere annodate l'una con l'altra nel modo rappresentato dalla fig. 192, come appunto si praticò a suggerimento del Vanvitelli nell'ultima cerchiatura della prefata cupola vaticana, verso la metà dello scorso secolo.

Si sono anche talvolta adoperati de' ferramenti combinati artificiosamente per assicurare archi o piattabande di pietra. Le piattabande della facciata del tempio di S. Genueffa in Parigi si reggono in virtù d'un sistema assai complicato di spranghe di ferro (2). Avvertiremo per altro che questa sorta di temperamenti non sono lodevoli in un nuovo edifizio, e che le stesse chiavi, e le cinture non sono ammissibili nelle vôlte e nelle cupole, se non che come ripieghi nei casi di minacciata stabilità; poichè questa in una fabbrica nuova deve unicamente dipendere dai giusti rapporti delle dimensioni e delle resistenze delle masse componenti alle spinte e alle forze di qualunque genere che agiscono sulle masse stesse, ed è sempre cosa vergognosa, per servirci d'un motto arguto dell'immortale Barozzio da Vignola, che *una fabbrica abbia a reggersi colle stringhe.*

§. 457. I predistinti ferramenti di ritegno per loro ufficio sono destinati ad un esercizio di resistenza assoluta. Quindi le chiavi debbono avere una riquadratura proporzionata alla forza traente cui debbono resistere, e tale che per una tensione costante equivalente a T chilogrammi, l'area della sezione della spranga sia di $\frac{T}{7}$, o al più di $\frac{T}{6}$ millimetri quadrati (§. 448).

(1) V. la già citata opera di Poleni. — *Memorie istoriche della gran cupola del Tempio Vaticano.* — Lib. II.

(2) Rondelet. — *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VII, sez. II, art. II.

Si veggono spesso in pratica formate le chiavi con verghe rotonde, o quadre. Ma sebbene la tenacità d' una spranga sia proporzionale all' area della sezione, e quindi possa sembrare indifferente d' adoprar verghe cilindriche, ovvero parallelepipede, qualunque sia il rapporto fra i lati della riquadratura di queste, purchè l' area della sezione sia la stessa, tuttavia rammentando che nei ferri piatti la forza assoluta è in qualche proporzione maggiore che nelle grosse verghe, a cagione che l' azione del martello penetra più addentro in quelli, che in queste (§. 438), dovremo persuaderci dell' utilità di fare le chiavi, non con verghe quadre o rotonde, ma piuttosto con verghe piatte, quali sono quelle che abbiamo registrate nella seconda tabella d' assortimento (§. 435) sotto le denominazioni di spiagge, e di cerchioni.

La resistenza assoluta d' una cintura, o sia d' un cerchio di ferro, contro una forza che agisca ugualmente in tutti i suoi punti in direzione del raggio, tendendo a dilatarla, e a romperla, sta alla resistenza d' una verga dritta di riquadratura uguale a quella delle spranghe componenti il cerchio, come la circonferenza sta al raggio. È questo un teorema già dimostrato nella Meccanica (1), in conferma del quale si potrebbero anche addurre i risultati di varie sperienze del Poleni (2). Per lo che, conoscendosi la spinta interna che la cupola sarà per esercitare contro una cintura di ferro, si potrà agevolmente determinare la riquadratura delle spranghe, di cui dovrà esser composto il cerchione.

Le cinture, con cui fu fasciata la cupola di S. Pietro verso la metà del trascorso secolo, sotto la direzione del Vanvitelli, sono composte di spranghe grosse m. 0,056, larghe m. 0,093. La principale ha il diametro di m. 59,31, ed il suo peso è di chil. 19742. Le spranghe di ferro vennero tutte somministrate dalle ferriere di Conca (3). E valutando la tenacità della spranga di chil. 6 per millimetro quadrato (§. 448), la resistenza di questo cerchione risulta uguale a chil. 196,336.

(1) La dimostrazione del teorema enunciato si deduce dalle note proprietà del poligono funicolare (V. Venturoli, *Elementi di Meccanica e di Idraulica*. Vol. I, lib. I, cap. XX). Ma si potrebbe giugnere alla stessa conseguenza anche col seguente ragionamento.

Si consideri la cintura circolare tagliata per mezzo da un diametro. Essendo la spinta interna uniformemente distribuita per tutti i punti del cerchio, e agendo in ogni punto in direzione del raggio, se si chiama e un arco variabile preso sopra uno dei due semicerchi da un' estremità del diametro, supposto il raggio $= 1$, facilmente si deduce che il conato elementare, normale al diametro, e tendente a staccare l' uno dall' altro i due semicerchi, è proporzionale a *de sen. e*. Quindi il totale conato, tendente a strappare il cerchio nelle due estremità del diametro, è proporzionale a $\int de \, sen \, e$, dovendosi estendere l' integrale da $e = 0$ fino ad $e = \pi$ vale a dire proporzionale a 2, o sia al diametro, mentre tutta la spinta interna è proporzionale a 2π, o sia alla circonferenza. Perciò se dicasi P la spinta interna, sarà $= \frac{P}{\pi}$ il conato, che tende direttamente a spezzare il cerchio nelle due estremità del diametro. Ora chiamisi R la resistenza assoluta della spranga, e sarà evidentemente $= 2R$ la resistenza che il cerchio oppone al conato $\frac{P}{\pi}$ Laonde, se intendasi che la spinta P sia tale, che stia in equilibrio con la resistenza del cerchione, e quindi esprima la resistenza medesima, dovrà essere $\frac{P}{\pi} = 2R$; donde si ricava $P : R : 2\pi : 1$; che è quanto si doveva dimostrare.

(2) Vedi la già citata sua opera. — Lib. I, §. 147 e seg.

(3) Vedi la precitata opera. — Lib. IV, §. 589 e 590.

§. 458. Le verghe di ferro sono soggette ad allungarsi e ad accorciarsi a seconda che si alza o si abbassa la temperatura dell' ambiente in cui giacciono. La variazione di lunghezza in più o in meno, alzandosi o abbassandosi la temperatura d' un grado del termometro di Reaumur, dietro i risultati delle sperienze de' Fisici, può stabilirsi di 0,0000140 nel ferro fuso, di 0,0000153 nel ferro di fucina, e di 0,0000143 nell' acciaio. Ora la dilatazione della chiave d' una vôlta, e così pure della cintura d'una cupola, allentando i ritegni, potrebbe generare qualche rilasciamento nelle parti allacciate; e da un altro lato lo stimolo alla contrazione aggiunto alle spinte della vôlta, o della cupola, da cui sono tratte le chiavi, o le cinture, potrebbe vincere la tenacità di questi ritegni, e strapparli. Quindi a ragione si è temuto che le variazioni prodotte dal caldo e dal freddo nei ferramenti di ritegno, possano cagionare qualche sconcerto nelle vôlte, e nelle cupole, la di cui sicurezza è principalmente affidata alla stabilità di codesti allacciamenti. Contro lo stimolo alla contrazione può mettersi al sicuro una spranga, dotandola di riquadratura soprabbondante, perchè possa con la sua tenacità resistere al complesso delle forze traenti: e valutando in costruzione la tenacità del ferro non oltre il limite che abbiamo precedentemente stabilito (§. 448), non vi è motivo di temere per questa parte. Per evitare gli effetti della dilatazione ha immaginato taluno (1), che potesse valere un espediente analogo a quello già da gran tempo cognito nella Fisica, e nell' arte dell' orologiere, il quale consisterebbe nel combinare delle spranghe di ferro con verghe di qualche altro metallo, in modo che la variazione dell' una e dell' altre, accadendo in senso contrario, si compensassero scambievolmente. Ma sarebbe d'uopo che decisive sperienze dimostrassero la convenienza del proposto temperamento, e stabilissero delle norme sicure sul modo d' applicarlo con vantaggio ai casi, di cui qui si tratta. Altronde sembra, che quando si abbia l' avvertenza di mettere in opera le spranghe di ferro per qualunque uso, mentre la loro temperatura è a un grado medio fra il massimo e il minimo, cui il metallo può arrivare nei grandi calori dell' estate, e negli eccessivi freddi invernali del clima, ove si fabbrica, l' allungamento, e la contrazione delle spranghe stesse nelle vicende del caldo e del freddo si debbano limitare a così poco, che non si abbia a temerne sensibili effetti. Così se nel nostro clima si porranno in opera le spranghe quando si trovano alla temperatura di circa 15 gradi, il massimo allungamento, ed il massimo accorciamento che in esse potranno accadere, non oltrepasseranno il limite di $0,0000153 \times 20 = 0,00031$, vale a dire che in una verga lunga m. 10 la variazione in più o in meno non potrà esser maggiore di m. 0,0031; variazione tenuissima, che non può supporsi valida a produrre sensibile alterazione nella stato delle masse allacciate.

§. 459. Di bande di ferro più o meno grosse si formano molte sorta di legamenti così per le costruzioni in legname, come per quelle in pietre da taglio. Nella fig. 195 vedesi la forma d' una *lega* non di rado adoperata per collegare i membri d' un sistema di legname. Essa è piegata in isquadra nell' una delle sue estremità, per essere fermata con chiodi, ed ha l' altra estremità lavorata a vite per entrare nel traforo d' una trave, ed esservi fermata col ritegno d' una corrispondente madrevite. Possono farsi delle

(1) V. *Bulletin des Sciences technologiques.* — Tomo VI, pag. 125.

leghe foggiate a squadro, e da chiodarsi in entrambe l' estremità; e se ne fanno talvolta anche di quelle che terminano a vite nell' uno, e nell' altro capo, e vengono arrestate per mezzo di due madreviti. Nella fig. 196, 197 si rappresentano due maniere d' *arpesi*, che servono a legare l' una con l' altra le pietre nella sommità de' parapetti, e in molte altre circoscanze Il primo è un arpese *a maschio*; il secondo dicesi *a coda di pesce*.. Vanno questi incassati nelle pietre che vogliono allacciarsi, in modo che con un capo afferrino l' una e con l' altro l' altra, venendo saldati nell' incassature con piombo colato, o con qualche malta di buona presa: purchè si escludano il gesso, ed i mastici sulfurei (§. 452 n.° 3). Nelle fig. 198, 199, 200 si osservono varie forme di staffe, adattate a legare insieme o a far che si sostengono l' uno con l'altro i membri di qualche armatura di legname, come abbiamo avuto più volte occasione di notare nel corso di questo libro.

§. 460. Abbiamo spesso fatto menzione anche dei perni ossia chiavarde, per mezzo delle quali si uniscono e si stringono insieme le travi nell' armature. In una chiavarda si distinguono tre parti, cioè *la testa*, *il fusto* e *la punta*. La testa può essere rotonda, ovvero quadra; e così pure il fusto. Quanto alla foggia della punta debbono distinguersi due specie di chiavarde. Le chiavarde della prima specie hanno la punta traforata per traverso, e si fermano in opera introducendo nel foro una zeppa di ferro, che dicesi *chiavetta* o *capiglia*, come vedesi in X (fig. 198). Quelle della seconda specie hanno la punta lavorata a vite, e si fermano con una madrevite, come si osserva in Z. La lunghezza d' una chiavarda deve corrispondere alla somma delle grossezze dei pezzi, che per mezzo di essa debbono essere riuniti. La sua grossezza vuol esser proporzionata alla lunghezza; ed è ordinariamente compresa fra m. 0,013 e m. 0,027.

§. 461. Debbono annoverarsi fra i ferramenti di collegamento le caviglie e i chiodi, la forma e l' uso de' quali sono a comune notizia. Le caviglie altro non sono che i più lunghi chiodi, e si distinguono anche col nome di chiodi *da peso*. La lunghezza loro suol essere da m. 0,33 a m. 0,09. Al di sotto di questo limite di lunghezza è la numerosa serie de' chiodi ordinari, usitati nelle moltiplici occorrenze dell' arte del legnaiuolo. L' assortimento delle caviglie e de' chiodi costituisce la così detta chioderia, o chiodagione, più o meno copiosa nel numero degli articoli, secondo le varie usanze dei paesi. I chiodi considerati dinamicamente sono tanto più facili ad essere conficcati, quanto più sono fini, vale a dire quanto minore è in esso il rapporto della grossezza alla lunghezza. Ma se questo rapporto si attenua oltre un certo limite, i chiodi addivengono troppo deboli; ed accade poi che sotto i colpi del martello si torcono in vece d' entrare nel legno o nel muro, in cui dovrebbero esser confitti. Quindi importa che nella fabbricazione de' chiodi si tenga un giusto rapporto fra la grossezza e la lunghezza, affinchè nè sieno troppo grossi, onde stentino a penetrare ove abbisogna, nè soverchiamente fini, così che sieno soggetti a piegarsi ai colpi del martello. La sola esperienza può render palese qual sia il giusto rapporto, che deve regnare fra le grossezze e le lunghezze de' chiodi per l' uno e per l' altro de' motivati riguardi. Pei chiodi ordinari cotesto rapporto è conosciuto dai manifattori, onde si trovano in commercio le varie specie di chiodi in giuste proporzioni, adattate agli usi particolari cui ciascuna specie suol essere de-

stinata. Per le caviglie, le quali non sempre si trovano negli assortimenti mercantili, e si fabbricano dai fabbri ferrai secondo l' ordinazioni degli Architetti, può desumersi qual debba essere il rapporto della grossezza alla lunghezza dai risultamenti delle sperienze fatte dal Rondelet sul peso di molte caviglie di varie lunghezze, di cui ebbe occasione di valersi nei lavori del Tempio di S. Genueffa (1). Con la scorta di tali risultati si è formato il seguente quadro, in cui alle lunghezze delle caviglie notate nella prima colonna corrispondono nella seconda colonna i pesi dati dall'esperienza, e nella terza colonna le grossezze competenti alle caviglie presso la testa, calcolate secondo le regole della sterometria, sul dato che la gravità specifica del ferro sia di 7700.

Lunghezza delle caviglie	Peso di cento caviglie	Grossezza delle caviglie
metri	chilog.	metri
0,135	11,013	0,0178
0,150	12,500	0,0180
0,160	14,006	0,0185
0,190	19,011	0,0197
0,200	23,474	0,0214
0,220	29,070	0,0227
0,240	31,645	0.0227
0,270	37,037	0,0231
0,300	43,860	0,0239
0,325	51,020	0,0247

§. 462. Si ribadiscono le punte de' chiodi, affinchè questi non possano da qualsiasi causa essere spinti ad uscire con moto retrogrado dai fori, in cui furono battuti, e per render così salde le connessioni, ed invariabile la disposizione di qualunque costruzione di legname. Quando poi per qualche circostanza particolare non può effettuarsi la ribaditura dei chiodi, non di rado si adoperano in vece di questi dei perni di ferro a vite, che son conosciuti in pratica con la semplice denominazione di viti. Questi, quando sono di grosso calibro, hanno la testa fatta a dado, la quale si afferra con una morsa, ovvero con un manubrio fatto a bella posta per poter girare la vite, e stringerla o allentarla secondo il bisogno. Quando sono piccole, la loro testa è rotonda, talora piatta, e talora convessa al di sopra, con una spaccatura o incisione diametrale, in cui si fa entrare il cacciavite, per mezzo del quale la vite si stringe, o si allenta in opera. In cambio delle viti si fa anche talvolta uso dei così detti chiodi, o caviglie *barbate* o *a barbone*, le quali hanno i loro spigoli dentati per via di tagli fatti nella direzione dalla testa alla punta, in guisa che entrate una volta nel legno

(1) V. *Traité de l' art de bâtir.* — Lib. VIII, sez. II, artic. V.

non ne possono più uscire, per la presa laterale di così fatti denti. Abbiamo già in addietro notate alcune occasioni, in cui è conveniente di ricorrere all'uso di tali caviglie (§. 378, 393). Vedesi in X (fig. 201) il disegno d'una caviglia barbata; ed in Z viene rappresentata una caviglia consimile, la quale invece della testa è munita d'una maglia, da cui pende un anello. Questa, sotto la denominazione *d'anello a barbone*, è specialmente conosciuta nell'architettura navale, e può talvolta divenire utile nelle costruzioni civili, e nelle grandi operazioni architettoniche.

§. 463. I chiodi, quantunque non ribattuti, si attengono tuttavia così tenacemente ai legni cui sono infitti, che per estrarneli fa mestieri di non piccola forza. Alcune sperienze sono state non ha guari istituite da Bevan per determinare la resistenza che si oppone dai chiodi ad una forza che tenda a cacciarli dal legno, in cui si trovano ficcati (1). Coteste sperienze furono fatte sopra alcune specie di chiodi inglesi piantati nel legno d'abete di Norvegia. Gli ottenuti risultati valgono a dar qualche lume, perchè nella pratica possa ravvisarsi fino a quel segno si abbia a fidare nella stabilità di quei sistemi di legname che hanno le congiunzioni de'membri semplicemente assicurate con chiodi non ribaditi, e possa determinarsi il giusto calibro e il numero dei chiodi da adoperarsi per tener uniti dei membri, note che sieno le forze che tendono a disgiungerli. Sarebbe per altro assai utile che si moltiplicassero gli sperimenti affinchè da più numerosi risultati potessero dedursi dei dati medii, che meritassero maggior fiducia; che si mettessero alla prova le varie specie di legni di cui più comunemente si fa uso nelle costruzioni; che si tentasse di scoprire se la resistenza dei chiodi si mantenga costante, ovvero, come è più verisimile, venga calando, e fino a qual segno, persistendo ad agire le forza contraria per lungo tempo; e finalmente che si procurasse di conoscere quanto possa crescere la resistenza de' chiodi, allorchè prima di esser confitti sono stati bagnati nell'acqua, o in qualche acido, affinchè la loro superficie ossidandosi si attacchi più tenacemente al legno che l'avviluppa. Tuttavia, finchè ulteriori sperienze abbiano rischiarati questi punti, si potrà in pratica ricavare qualche profitto dai risultati ottenuti dal Bevan, i quali si esibiscono raccolti nel seguente quadro. Le prime tre colonne danno a conoscere le varie specie dei chiodi sottoposti all'esperienze, e i corrispondenti calibri: nella quarta sono notate le diverse profondità del loro conficcamento: e nella quinta sono registrati i pesi occorsi per l'estrusione, i quali ne esprimono quindi la resistenza.

(1) *Bulletin des Sciences technologiques.* — Tomo V, pag. 364.

specificazione de' chiodi	peso di 1000 chiodi	lunghezza de' chiodi	profondità del conficcamento	peso occorso per l'estrusione
	chilog.	*metri*	*metri*	*chilog.*
Punte	0,108	0,0108	0,0119	9979
Idem	0,142	0,0143	0,0119	16,784
Punte comuni	0,734	0,0338	0,0135	17,237
Chiodi di getto	1,194	0,0271	0,0135	32,660
Chiodi detti *six-penny*	6,214	0,0609	0,0271	84,826
Idem	"	"	0,0406	148,332
Idem	"	"	0,0541	240,416
Chiodi detti *five-penny*	3,263	0,0541	0,0406	145,157

§. 464. Nella classe de' ferramenti di riparo debbono comprendersi i cancelli e le barriere; le ferrate di finestre, le balaustrate di ferro delle ringhiere e delle scale; le vetriere di ferro che non di rado si appongono ai finestroni delle chiese, e a quelle aperture dei tetti e delle volte, che servono a portar la luce dall' alto specialmente ne' musei e nelle gallerie; le fodere di bandone o di latta, con cui si ricoprono talvolta le superficie del legname per difenderlo dagli attacchi dell' acqua o del fuoco, ovvero per fortificarlo contro gli attentati di gente male intenzionata. Ma ci diffonderemmo assai più che non conviene ad una istituzione elementare se tutti questi articoli volessimo prendere a rassegna, e considerarli nelle variatissime loro forme, e nei moltiplici loro usi. Le fabbriche abbondano per ogni dove di cotali arredi, e potranno quindi gli studiosi farvi studio e raccolta di buoni esemplari di questo genere di lavori, per giovarsene all' opportunità.

Non lasceremo qui di far menzione d' un utilissimo ritrovato de' tempi nostri, pel quale il ferro viene impiegato in qualità di riparo, onde frenare i progressi e le devastazioni degl' incendi ne' teatri, che tanto sono soggetti a questa sorte di disastri. Il riparo consiste in un sipario o tenda metallica, per mezzo di cui in caso d' incendio si chiude la comunicazione fra la platea e la scena, e s' impedisce che il fuoco si propaghi dall' una all' altra parte del teatro, o viceversa, a seconda che prima nell' una, o nell' altra si è acceso per qualche disgraziato accidente. Importa per altro, affinchè cotesto riparo possa avere efficacia, che lateralmente e al di sopra della tenda sia perfettamente separato l' ambiente della scena da quello della sala per mezzo d' un muro, che sulla linea del proscenio si estenda a tutta l' altezza dell' edifizio; e che i vani di comunicazione lasciati in questo muro sieno muniti di serrami di ferro, acciocchè chiusi all' occorrenza si rendano assolutamente inaccessibili al fuoco. Questo artifizio tende evidentemente a concentrare l'incendio in quella parte del teatro in cui si

è sviluppato, e a far sì che quando non riesca d'estinguere ivi il fuoco, e ad impedirne la distruzione, si salvi almeno l'altra parte dell'edificio, il che non è piccolo vantaggio. L'anzidetta tenda metallica era già stata proposta a Parigi pel teatro dell'Odeon, quando fu riedificato, dopo l'incendio che l'aveva distrutto nel 1799, ma non fu messa ad effetto che nel 1818 quando il teatro stesso fu fabbricato di bel nuovo, dopo di essere stato un'altra volta consunto dal fuoco. La tenda fu composta di bandone di ferro; come pure non d'altro che di bandone disteso sopra una rete di fil di ferro fu formata recentissimamente una tenda metallica pel teatro di Vienna. Tuttavia a giudizio di molti uomini dotti, ed Architetti parigini, le tende di bandone non sarebbero confacenti al divisato fine, ed il bramato effetto potrebbe solo ottenersi mediante un sipario di tela metallica, per le di cui maglie l'aria avesse una libera circolazione. Quindi un sipario di questa struttura fu decretato che debba collocarsi in un nuovo teatro, che si sta attualmente edificando a Parigi; e non diversa avrebbe dovuto essere per decisione de' magistrati la tenda dell'Odeon, la quale, come si è detto fu costrutta di lamiera, o per arbitrio, o per equivoco: mentre erasi stabilito che avesse ad essere tessuta di fil di ferro del diametro di circa quattro millimetri a guisa di ramata, con maglie quadrate, aventi presso a poco 54 millimetri di lato (1).

§. 465. Debbono considerarsi come articoli di guernimento tutti quei varii ferramenti, di cui vengono corredate l'imposte, o serrami degli usci e delle finestre nelle civili abitazioni, e nelle fabbriche d'ogni genere. Son questi, siccome ognun sa, gli arpioni o gangheri, le bandelle, i chiavistelli o catenacci, le serrature, le maniglie, i paletti, i martelli, i saliscendi, ec.; arnesi tutti che vengono diversificati in mille forme giusta le occorrenze, e secondo le usanze de' paesi. Appartengono tutti a questa classe anche quei ferramenti che fanno parte del corredo di moltissime macchine inservienti all'architettura, e alle arti meccaniche. Ci basti d'aver fatto menzione di questa classe di ferramenti, le numerosissime varietà dei quali si potranno imparare dagli studiosi nell'opere tecniche, che abbondano oggidì presso tutte le colte nazioni.

§. 466. Molte macchine son formate unicamente di ferro, e di ferro son pure la maggior parte de'fabbrili strumenti. Questi, sebben destinati alle più materiali operazioni, e alle mani degli artefici, dovrebbero esser tutti conosciuti minutamente dagli Architetti, se non altro per poterne prescrivere all'occorrenza le forme più convenienti, e le proporzioni più vantaggiose. E poichè l'Architetto è di suo dritto il capo ed il maestro di tutti gli artefici, ragion vorrebbe, che se manca in lui l'esercizio, non mancasse però la cognizione di tutte le regole dell'arti meccaniche, perchè fosse in grado d'istruire e di correggere tutti coloro, che debbono lavorare sotto la sua direzione. E quindi somma lode meriteranno quelli, che non contenti dei principii, e delle regole generali d'architettura, non isdegneranno d'abbassarsi all'apprendimento delle pratiche d'ogni arte subalterna, dandosi allo studio de' libri d'arti mestieri, e visitando l'officine, gli arsenali, e le costruzioni d'ogni genere, a fine di perfezionare e di rettificare con sagaci osservazioni l'idee acquistate ne' libri.

(1) V. l'articolo ora pubblicato dal D'Arcet nel *Bulletin des sciences technologiques*. Tom. VII, pag. 75.

CAPO XVII.

D'ALCUNI PIU' PARTICOLARI E PIU' SEGNALATI USI DEL FERRO.

§. 467. Oltre gli usi più comuni del ferro, che finora abbiamo considerati, non possiamo passarne sotto silenzio altri più cospicui, sebbene meno frequenti, dei quali tutto l'onore è dovuto alla moderna architettura. E quindi abbiamo disegnato di ragionare in questo capitolo delle grandi armature di ferro adattate per la costruzione de'solai, delle vôlte, e de' coperti nelle fabbriche; delle varie specie di ponti di ferro, moderno ritrovato architettonico, che uscito appena si può dir dall'infanzia, ha fatto portentosi progressi, ed ha arricchito l' arte di modi efficaci a vincer quelle naturali difficoltà, che non di rado si oppongono all' erezione de' ponti di pietra o di legname pel passaggio de' fiumi; finalmente delle strade a rotaie di ferro, altro utilissimo ritrovato della nostra età, che facilitando oltre modo ogni genere di trasporti, è stato accolto con entusiasmo, siccome un mezzo utilissimo a favorire il commercio e l'agricoltura, e quindi siccome un nuovo elemento di pubblica ricchezza, presso le più industriose nazioni dell'Europa. Se non che costanti nel proposito dettatoci dalla necessità, e finora osservato, di svolgere bensì ampiamente le dottrine ed i precetti generali, ed i metodi più usitati dell'arte, ma di restringere alla semplice descrizione, e alle più essenziali avvertenze il nostro ragionamento, quando si tratta di qualche particolare, e men ordinario sistema, ci limiteremo a dare dei testè enunciati più particolari usi del ferro quel semplice ragguaglio, che potrà riputarsi sufficiente, affinchè i giovani studiosi non restino affatto ignari di queste nuove, singolari, e finora a noi estranee maniere di costruzione; delle quali per molti rispetti rendesi bensì remoto, ma tuttavia non impossibile il caso, che possa talvolta accadere di farne qualche conveniente applicazione in Italia.

§. 468. La fig. 202 presenta un piccolo disegno icnografico, ed ortografico della forma e della disposizione dell'armature di ferro, di cui, da circa trentacinque anni a questa parte, si fa frequentemente uso a Parigi per costruzioni di solai. L'armature vengono appoggiate sui muri laterali M, M, parallele fra loro, e distanti m. 1,30 circa l'una dall'altra, destinate a fare il medesimo ufficio, che si fa dai travicelli nei solai ordinari di legname (§. 260), e a sostenere o un pavimento d'opera murale, ovvero un tavolato di più o meno nobile lavoro. Ciascuna dell' armature è composta d'una spranga a guisa di catena orizzontale c, c, a cui insiste un'altra spranga in forma d' arcone $a\,a$; ed a questa sovrasta una terza spranga orizzontale $g\,g$, alla quale si appoggia immediatamente il letto del pavimento superiore. L'arcone $a\,a$, è ritenuto alla estremità della catena $c\,c$, cui è connesso, come lo sono i puntoni all' estremità della catena nell'ordinarie incavallature de' coperti (§. 281). E le due catene orizzontali $c\,c$, $g\,g$ sono arrestate al di qua e al di là esteriormente ai muri laterali per mezzo dei paletti $n\,n$, $n\,n$, verticalmeute impernati, e stretti con zeppe di ferro negli occhi appositamente formati ai capi delle medesime catene. Le staffe verticali $s, s, s \dots$ servono ad impedire l' allontanamento dell' arcone $a\,a$ dalla catena inferiore $c\,c$; mentre al loro avvicinamento si oppongono degli sbadacchi abbracciati dalle singole staffe, i quali non sono visi-

bili nella figura. Le spranghe trasversali *b*, *b*, *b*.... afferrano con le loro estremità le catene inferiori di due armature contigue, e servono a tener queste legate l'una con l'altra.

Per un solaio della lunghezza di metri 6,50 si stabilisce che le spranghe principali, cioè le due catene *c c*, *g g*, e l'arcone *a a* debbano avere la larghezza di metri 0,068, e la grossezza di metri 0,02; e che le spranghe trasversali *b*, *b*, *b*... abbiano ad essere della larghezza di metri 0,041, e della grossezza di metri 0,020. Il massimo ventre, o sia la saetta dell'arcone, dovrebb'essere di metri 0,162 (1).

§. 469. Nella fig. 203 si ravvisa un sistema, a seconda del quale possono formarsi delle incavallature di ferro per l'armatura d'un coperto. L'arcone *a a* è legato ai due puntoni *pp*, *pp* per mezzo delle staffe *s*,*s*,*s*,*s*,*s* si appoggia con essi ai due muri laterali M, M dell'edifizio, mediante i due pulvinari, che veggonsi giacenti sulle sommità dei muri medesimi, e tiensi stretto fra gli stessi muri in virtù dei due paletti verticali *g*, *g*, che si oppongono a qualunque laterale dislogamento del sistema. La catena e le due razze che veggonsi interposte ai puntoni al di sopra dell'arcone, servono a tener concatenato il sistema, e ad impedire ch'esso eserciti verun conato orizzontale contro i muri laterali (§. 290).

§. 470. Vedesi nella fig. 204 il disegno d'una dell'incavallature componenti il coperto della grand'aula, destinata all'esposizione de' quadri al Museo del Louvre in Parigi. Cotesta incavallatura è composta di due parti uguali, che appoggiandosi su i due muri laterali M, M, terminano superiormente, e si congiungono ai lati d'un telaio rettangolare costituente un'apertura da cui prende lume la sala. In ciascheduna delle due parti possono notarsi un arcone *a a*, un puntone *n n*, e due altri puntoni esteriori *m*, *h* che fanno gomito, e rompono in due la pendenza del coperto, generando due falde, una superiore *m*, ed una inferiore *h*, delle quali la seconda è assai più inclinata della prima. Sono questi i membri principali del sistema, ai quali sono aggiunti altri membri secondari, legati per mezzo delle staffe *s*, *s*, ... Lasceremo agli studiosi la cura d'indagare gli uffici de' varii membri, come tutti concorrano ad evitare che si generi alcuna spinta orizzontale contro i muri laterali; e in qual modo possano esser legati l'uno con l'altro per mezzo di semplici e stabili connessioni (2).

§. 471. L'armature di ferro ne' solai e ne' coperti offrono il duplicato vantaggio d'occupare uno spazio minore di quello che si richiede per l'armature di legname, e di allontanare dagli edifizi il pericolo degl'incendi. Ed oltre che sono adattate e servir di sostegno ad un pavimento, o ad una copertura, possono anche valere a tener sospeso un soffitto piano, ovvero a vôlta, composto di tavole, ed intonacato di gesso. Le armature del solaio (§. 468), e così l'incavallature del coperto (§. 469, 470), possono considerarsi di fatti come una serie di centinature piane o concave, alle quali assicurando per mezzo di viti o in altro modo delle spranghe o regoli di legno, si potrà su questi chiodare uno strato di tavole, che costituirà un soffitto o una vôlta, la di cui superficie interna potrà essere coperta con un intonaco di gesso, e assumere l'apparenza d'una vôlta reale.

(1) Rondelet. — *Traité de l'art de bâtir.* — Lib. VII, sez. II, artic. II.
Borgnis. — *Traité élementaire de construction.* — Lib. II, cap. III.

(2) V. l'opera di Rondelet nel luogo ultimamente citato.

§. 472. Comunque si pretenda che non sia nuova in Europa l' idea di fare ponti di ferro, e che se ne trovi qualche accennamento in alcune opere italiane del secolo decimosesto, e sebbene il Désaguliers l'avesse quindi posta in campo fino dall'anno 1719 (1), non fu tuttavia che poco dopo la metà del secolo passato, che per la prima volta si tentò di mandarlo ad effetto a Lione in Francia, con la costruzione d' un ponte di ferro a tre arcate, ciascuna dell'apertura di metri 25. Ma quest' impresa non venne allora condotta a fine, perchè apparve soverchiamente costosa, ed al divisato ponte di ferro fu perciò sostituito uno di legname. Escludendo dunque dal novero questo tentativo rimasto imperfetto, il primo ponte di ferro che sia stato costrutto; è quello di Coalbrookdale fabbricato nell' Inghilterra sul fiume Sewern nella strada d' Irlanda, a distanza di 180 miglia da Londra; il quale fu incominciato nel 73 e compito nel 79 del secolo trascorso. Dietro questo primo esempio, altri ponti di ferro furono sussegnentemente edificati nell' Inghilterra, nella Germania, nella Russia e nella Francia. Passò quindi, pochi anni sono, dall' America settentrionale nell'Europa un nuovo genere di ponti di ferro, quello dei ponti pensili, di cui in breve daremo notizia; il quale, sebbene diverse sieno intorno ad esso l' opinioni di quelli che si sono dati a perscrutarne la convenienza sotto i varii rapporti di pubblica utilità, ha tuttavia buon numero d'autorevoli fautori, è stato occasione di molte interessanti ricerche, ed ha potuto indurre alcune illuminate nazioni ad ardimentose imprese, da annoverarsi fra quelle che onorano la vaglia e l' intrepidezza dell' umano ingegno.

§. 473. Per la varia loro struttura dobbiamo distinguere i ponti di ferro in tre specie, e sono 1.° ponti *a castello*: 2.° ponti *ad arcate*: 3.° ponti *pensili*. Nei primi scorgeremo un sistema analogo a quello dei ponti di legname che furono da noi contrassegnati con la medesima denominazione (§. 316). I ponti di ferro ad arcate sono somiglianti nella loro costituzione ai ponti con arcate a grandi cunei di pietra da taglio. Finalmente i ponti pensili ci rappresenteranno un sistema semplice e singolare, pel quale vedremo il palco del ponte essere tenuto sospeso da catene, da fili, o da cordoni di ferro, appesi alle sommità di robuste masse o castelli, eretti sulle due opposte ripe, alle quali il ponte viene a far capo, e talvolta ancora ad altri sostegni intermedi.

§. 474. Il sistema de' ponti di ferro a castello è consimile a quello dei ponti di legname ad armature arcuate (§. 329). Tale è la struttura del già menzionato ponte di Coalbrookdale, di cui ci si offre un piccolo disegno nella fig. 205. Cotesto ponte è ad una sola luce pressochè semicircolare, di cui la corda o apertura è di metri 30,63, con una saetta di metri 12,09. Il palco del ponte è sostenuto da cinque armature eguali, disposte a distanza di metri 1,49 l' una dall'altra da mezzo a mezzo; ed ognuna di coteste armature è composta d' un arcone principale di ferro fuso, largo metri 0,211, grosso metri 0,133, e di due altri arconi parimente di ferro fuso della riquadratura di metri 0,146, i quali per altro non sono continuati come il primo, ma interrotti nella parte di mezzo. Ciascheduno degli arconi è formato di due pezzi, i quali si dipartono da due imposte o riseghe laterali, sporgenti dalle due testate di muro. Nell' arcone principale i due pezzi vengono

(1) Gauthey. — *Traité de la Construction des ponts.* — Lib. III, cap. III.

a congiungersi alla chiave, cioè nella sommità dell'arco: ma i pezzi che costituiscono gli altri due arconi superiori terminano all'incontro delle spranghe pressocchè orizzontali, le quali facendo l' ufficio di travi longitudinali sostengono immediatamente il palco del ponte. Gli arconi sono concatenati per mezzo di razze normali, fissate ad essi con chiavarde, ed hanno l'estremità inferiori fermate in due piastre di getto della grossezza di metri 0,10 giacenti sopra le laterali riseghe delle testate. Sulle piastre medesime si ergono delle spranghe verticali guernite a luoghi opportuni d'occhi, per cui passano gli arconi, assicurate da varie traverse orizzontali, ed oblique: ed offrono altri punti d'appoggio alle spranghe costituenti l' orditura del palco. L' armatura viene anche rinforzata dai due cerchi di ferro, che veggonsi inscritti ne' timpani laterali. Il tavolato è composto di piastre di ferro fuso, ed è ricoperto d' uno strato d' argilla e di scorie, il quale forma il pavimento della strada sul dorso del ponte.

Il secondo ponte di ferro si vide eretto nell'Inghilterra l'anno 1795 a Buildwas sullo stesso fiume Sewern a poca distanza di Coalbrookdale, per opera di Telford. Questo ponte è ad una sola arcata dell' apertura di metri 39,65, con la saetta di metri 8,23. La sua struttura non è dissimile nell' essenziale da quella del ponte di Coalbrookdale. Lo stesso Telford ha fatto erigere alcuni altri ponti minori, ed ha pure costrutto in conformità dello stesso sistema un acquedetto di ferro fuso, il quale passa a traverso un canale navigabile. Posteriormente due nuovi ponti sono stati innalzati sul Tamigi, quello di Wauxhall fatto dall'Ingegnere Walker, e quello di Southwark fabbricato dal Rennie, e compiuto nel 1818, i quali si decantano come i più cospicui fra tutti gli altri ponti di ferro costrutti a seconda di questo sistema.

Il ponte del Louvre, il quale traversa la Senna dentro Parigi, non differisce nella sostanzialità della sua struttura da quello di Coalbrookdale. Fu desso il primo ponte di ferro costrutto in Francia nel 1803 con disegno del De Cessart, modificato in qualche parte dall' Ingegnere Dillon, il quale presiedette all' esecuzione dell' opera. Cotesto ponte e di nove luci, dell'apertura di metri 17,34, giacenti sopra pile di muro della grossezza viva di metri 1,95.

§. 475. Ma già nel 1790 l'inglese Payne aveva concepito il disegno di costruire un ponte di ferro con l' arcate composte di telai cuneiformi, e ne aveva fatto un tentativo a Rotheram con la costruzione d'un'armatura per un arco di 27 metri di raggio. Il buon esito di tale sperimento diede credito al nuovo sistema, il quale venne quindi prescelto per la costruzione d' un nuovo ponte a Wearmouth in vicinanza di Sunderland sul fiume Wear nella Contea di Durham. Il ponte fu compito nel 1796, a norma dei disegni che ne furono dati dall' Ingegnere Wilson. Esso è ad una sola luce in arco di circolo con la corda di metri 71,90, e con la saetta di metri 10,36. L'imposte sono situate nelle testate all'altezza di metri 29 sul fondo del fiume, in guisa che possono liberamente passare sotto il ponte a vele spiegate i bastimenti di due, e di trecento tonnellate. Nella larghezza sono distribuite sei armature, a distanza di metri 1,8282 l'una dall'altra da mezzo a mezzo. Il ponte vedesi rappresentato in piccolo nella figura 206, la quale aiuterà a comprendere qual sia in questo edifizio la disposizione dell'armature. Queste sono composte, come si disse, di telai cuneiformi di ferro fuso,

i quali collocati a contatto l' uno dell' altro, come i cunei in un arco di pietra da taglio presentano di prospetto tre arconi concentrici della grossezza di metri 0,1524, collegati per mezzo di razze normali della grossezza di metri 0,6348, e della lunghezza di metri 0,5332, distanti l'una dall'altra metri 0,3047 da vivo a vivo. La larghezza di ciascun arcone è di metri 0,087. Ciaschedùno dei cunei è alto metri 1,5235, ha la lunghezza media di metri 0,7363, e comprende due razze, con un vano intermedio, e due semivani laterali. I cunei che compongono l'armatura sono concatenati per mezzo di spranghe ricurve di ferro, tirate alla fucina; le quali sono incassate al di qua e al di là in apposite solcature degli arconi di getto, e sono quindi doppie e a tre ordini, e tengono strettamente abbracciati i cunei per mezzo di chiavarde. Le armature sono collegate l' una con l' altra per mezzo di chiavi della lunghezza di metri 1,7412, le quali altro non sono che tubi di getto, con labbri sporgenti nell' estremità, e forati per ricevere le viti con le quali vengono fermati gli arconi dei telai. Le chiavi sono disposte alternativamente una all' intradosso, ed una all' estradosso dell' arcata, di due in due cunei. Nei timpani di ciascun'armatura arcuata sono inseriti dei cerchi o anelli di ferro fuso, di diametri decrescenti verso il mezzo dell' armatura; e questi servono d'immediato sostegno alle travi, che formano l'orditura del palco, tutto di legname. La coperta è riparata dalla umidità mediante uno strato di cemento idrofugo, composto di catrame e di calcina, sul quale è costrutta l'inghiaiata, che compie la struttura stradale nella schiena del ponte.

Di struttura analoga a quella del descritto ponte di Wearmouth si è quello che nel 1802 si vide compiuto sul Tamigi a Stains, alla distanza di 17 miglia da Londra. Lo stesso Wilson ne fu il costruttore. Il ponte è ad una sola arcata, insistente ad una corda di m. 54,85, e facente parte d'un circolo che ha m. 79,23 di raggio. A Parigi esiste sulla Senna il ponte di Austerlitz, chiamato in oggi il ponte del Giardino del Re, il quale comprende cinque arcate di m. 32,36 d'apertura; ed è composto d' armature di ferro, organizzate secondo un sistema analogo a quello dell' armature del ponte di Wearmouth. Le armature si appoggiano sopra pile di muro, e sono quelle stesse che abbiamo avuto occasione di rammentare, parlando dell' uso de' cassoni nelle fondazioni marittime o fluviali (§. 393 397). Il ponte d' Austerlitz fu opera del Lamandé, e venne condotto a fine l'anno 1806.

§. 476. Le qui premesse notizie intorno ai più rinomati ponti di ferro della prima e della seconda specie, le quali sono state attinte alle magistrali opere di Gauthey (1), di Rondelet (2) e di Bruyere (3), sembra che debbano bastare per far comprendere le particolarità caratteristiche dell' una e dell' altra struttura. Coloro che fossero bramosi d'acquistarne una più circostanziata cognizione, troveranno di che soddisfarsi nelle prelodate opere e nei dettagliati tipi di cui vanno corredate. Ometteremo per brevità tutte quelle considerazioni statiche ed economiche, per le quali si è cercato di porre a confronto i due sistemi, e di dedurne comparativamente i pregi e i difetti. Avvertiremo soltanto che dopo la felice e stabile riuscita dei molti

(1) *Traité de la construction des ponts.* — Lib. III, cap. III.
(2) *Traité théorique et pratique de l' art de bâtir.* — Lib. VII, sez. II, art. III.
(3) *Études rélatives à l' art des constructions.* — Collezione III.

ponti di ferro, dell' una e dell' altra specie, che sono stati costrutti nel breve corso di poco più di mezzo secolo, si può concludere che così l' uno come l' altro sistema abbiano in sè le condizioni essenziali di quella stabilità, e di quella diuturnità, in cui principalmente consiste la perfezione d' ogn' impresa architettonica. Ma per altro è cosa indubitata che il secondo sistema deve più del primo corrispondere alla facilità e all' economia della costruzione, poichè facilmente si comprende, che l' armature di telai cuneiformi di grandezza discreta, tanto per l' apparecchio o sia pel getto dei pezzi, quanto per tutte le manovre della mettitura in opera, debbono essere più facili ad eseguirsi, che l' armature ad arconi interi, di molle e di peso smoderato.

§. 477. Resta per ultimo da vedersi qual sia la conformazione dei ponti di ferro della terza specie, che sono i così detti ponti sospesi, o pensili (§. 473), i quali consistono in un palco di legname o di ferro sostenuto da fili o da catene metalliche, appese alle sommità di due saldi piedritti, sorgenti sulle due opposte sponde, ovvero di molti piedritti distribuiti fra l' una e l' altra riva. Non può già dirsi che questo sistema sia un trovato dei moderni tempi, poichè in sostanza esso si raffigura in un modello di ponte portatile, sostenuto per mezzo di corde tese, immaginato e descritto fino dal principio del secolo decimosettimo da Fausto Veranzio (1); poichè dalle storie de' viaggi siamo informati, che l' uso di traversare i fiumi, e i valloni per mezzo di ponti sostenuti da corde e da catene tese fralle due sponde, esiste da tempo immemorabile nelle Indie orientali, nella China, e nell' America meridionale; e poichè finalmente anche in Europa erasene avuto qualche esempio, se non altro quello del ponte di Winch, il quale, a relazione dell' Hutchinson (2), fu stabilito sul fiume Tees, che separa le Contee di Durham e di Yorck nell' Inghilterra, non più tardi del 1741, giusta la fondata opinione dello Stevenson (3). Questo ponte fu sospeso per mezzo di catene di ferro assicurate a due opposte rupi, come scorgesi nella fig. 207, ad una altezza di circa m. 18, e formò un tragitto della lunghezza di m. 21, con un palco largo non più di m. 0,60 circa. Ma il primo saggio della convenienza di questo sistema alla costruzione di grandi ponti fu fatto nelle Provincie Unite dell' America settentrionale, sul finire del decorso secolo, ove dopo il primo ponte pensile costrutto l' anno 1796 nella strada da Uniontawn Greenburgh, dell' apertura di m. 21,3, ben molti altri ne furono eretti nei primi anni del presente secolo, e fra gli altri uno nello stato di Massechusset sul fiume Merrimack, tre miglia inferiormente a Newbury-port, della notabilissima tirata di m. 74,4. Questi primi e rapidi progressi fatti nell' America del sistema di cui parliamo ci vengono riferiti con accurate descrizioni dallo scrittore nazionale Tommaso Pope (4), non che dal dotto Ingegnere francese Cordier (5).

Fu poi messo in campo il sistema in Inghilterra l' anno 1814 dal pre-

(1) *Machinae novae Fausti Verantii Siceni cum declaratione latina, italica, hispanica, gallica et germanica.*
(2) *Antiquities of Durham.* — Carlisle 1794.
(3) V. il suo articolo. *Description of bridges of suspension* nell' *Edimbourgh philosophical journal.* — Ottobre 1821.
(4) *Treatise on bridge architecture.* — New-Yorck 1811.
(5) *Histoire de la navigation interieure.* — Tomo I.

nominato Telford, in un progetto da esso fatto per lo stabilimento d' un gran ponte pensile di ferro sopra il fiume Mersey a Runcorn, in vicinanza di Liverpool, e quindi nella Scozia molti ponti pensili furono costrutti pel passaggio de' soli pedoni sul Twed, e sui fiumi vicini. Fra questi possiamo citare il ponte di King's-Meadows, gittato sul Tweed l' anno 1817, poco superiormente a Peebles, di cui abbiamo un piccolo disegno nella fig. 208; ed il ponte di Dryburgh-Abbey, il quale fu costrutto sul fiume stesso nel detto anno, e rinnovato nell' anno susseguente, essendo stato scompaginato da una violentissima irruzione di vento. Si propagò il sistema presso l' altre nazioni d' Europa; e non si tardò a vederne sorgere qua e là varii esempi. Ma l'Inghilterra e la Francia furono le prime ad osare di valersene per la costruzione di ponti di straordinaria lunghezza, capaci di servire al passaggio delle vetture. Il ponte di Bangor, che traversando lo stretto di Menai serve di continuazione alla strada da Londra a Holyhead, congiungendo l'Inghilterra all' isola d' Anglesea, il quale non ha guari fu aperto al pubblico passaggio (1); ed il ponte che si sta costruendo a Parigi sulla Senna fra l' ospizio degl' Invalidi ed i campi Elisei, sotto la direzione di Navier, sono due imprese sorprendenti, che presentemente tengono a sè rivolti gli sguardi di tutta l' Europa. Ed intanto il principio della sospensione si è anche voluto estendere ad altri interessanti rami di pubbliche costruzioni. Nel 1821 il capitano Brown fece costruire tre palchi pensili, in continuazione l' uno dell' altro, ciascuno di essi della tirata di m. 64; i quali facendo capo ad un molo stabilito in mare nel golfo di Forth presso Edimburgo, costituiscono un braccio di scalo (*embarcadere*) per l'imbarco e per lo sbarco delle merci, in un ponte ove i bastimenti non possono accostarsi alla riva. Un altro simile ponte d' imbarco si stava costruendo nel 1823 a Brighton sotto la direzione dello stesso Brown, composto di tre palchi pensili, uno di seguito all' altro, e ciascheduno della tirata di m. 70. E si è pure opinato che il sistema stesso possa convenientemente applicarsi anche allo stabilimento di grandi ponti a canale. Il Navier nella sua bell'opera intorno ai ponti sospesi (2), la quale ci serve di guida principale in queste brevi considerazioni sul medesimo argomento, ha dimostrato come per questi casi il sistema dovrebb' essere adoperato, e ne ha proposta in via d'esempio l' applicazione allo stabilimento d'un acquedotto pensile della lunghezza di m. 100, divisato a dover far parte d' un gran canale di navigazione. Finalmente un' altra interessantissima applicazione del sistema della sospensione è stata non solo ideata, ma messa a prova con felice riuscita. L' oggetto di quest' applicazione si è di far servire le catene sospese a guidare l' acque condotte entro tubi mettallici a traverso le sinuosità de' paesi montuosi. In Francia fino dall' anno 1822 se ne vede un bell' esempio nell'acquedotto pensile stabilito nella terra di Grouzol Dipartimento Puy-de-Dôme. Il tubo di condotta è sostenuto da una catena di ferro sospesa a traverso un vallone fra due punti distanti m. 195 l' uno dall' altro, con una diversità di livello di m. 15.

L' ingegnere inglese Samuele Ware ha asserito nell'introduzione ad una sua opera su i ponti pensili (3), che fino dai tempi dello Scamozzi si fa-

(1) Li 30 gennaio 1826. — *Bullentin des sciences tecnologiques*. — Tomo V. pag. 260.
(2) *Mémoire sur les ponts suspendus*. — Paris 1823. Parte III, §. II.
(3) V. l' astratto di quest' opera pubblicato in francese da Cordier nel suo. — *Essais sur la construction des routes, des ponts suspendus*. — Lille 1813. — Tomo I, pag. 373.

cevano dei ponti di cotal fatta, e che quell' insigne maestro ne fece parola nella sua architettura pubblicata l' anno 1815. Ma chiunque voglia leggere la grand' opera dello Scamozzi non vi troverà neppure una traccia di quanto viene asseverato dal prefato scrittore inglese, il quale convien credere che sia caduto in errore, per aver falsamente interpretato la parola *catena*, della quale l' italiano architetto manifestamente si valse per denotare le travi orizzontali dell' armature d' alcuni ponti di legname; significato proprio della nostra lingua, comunemente adottato dagli Architetti italiani in varie congiunture, e del quale noi stessi abbiamo più volte avuto occasione di prevalerci in queste istituzioni (1).

Premesse queste brevi notizie dell' origine e de' progressi di cotesto bizzarro sistema, passeremo a vedere rapidamente le principali particolarità della sua struttura in alcuni dei ponti pensili finora costrutti, dei quali abbiamo già fatto menzione.

§. 478. Il ponte di King's-Meadows (fig. 208) consiste in un palco della lunghezza di m. 33,5, e della larghezza di m. 1,22, il quale è sostenuto da fili di ferro inclinati, e tesi da varii punti nei lati del palco stesso alle colonne di sostegno, che sono erette ai due capi del ponte. Sono due le colonne da ciascuna parte, e l' intervallo di ciascheduna coppia è di m. 1,12, quale appunto è, come abbiamo detto, la larghezza del palco, che è protratto fralle colonne medesime fino ai punti accessibili delle laterali ripe. Ciascuna colonna è composta d' un tubo di ferro fuso, che ha m. 2,74 d' altezza, m. 0,20 di diametro, e m. 0,019 di grossezza, nel quale è inserita una spranga di ferro battuto della riquadratura di m. 0,063, che si eleva m. 3,05 sulla sommità del tubo: onde l' altezza totale della colonna risulta di m. 5,79 sul piano delle piattaforme di legname stabilite sotterra, e che vedonsi segnate a parte nel disotto della figura, sulle quali posano, e sono assicurati i piedi dei tubi. I fili sono attaccati ognuno da sè alla spranga per mezzo di chiavarde a vite, in modo che possono stirarsi ed allentarsi a piacimento secondo il bisogno. Le colonne sono ritenute dalla parte della ripa per mezzo di verghe, invitate esse pure alle spranghe verticali; e queste verghe di ritegno, allacciate a fermi appoggi insistenti nelle ripe, hanno il diametro di m. 0,019, e sono composte di pezzi della lunghezza di m. 1,60, riuniti con nodi ad occhio, e componenti così come una catena a lunghi articoli. Il palco è composto d' un' orditura di verghe di ferro, ricoperta di tavole d' abete della grossezza di m. 0,038. I parapetti o ringhiere laterali sono anch' esse ordite di verghe di ferro e coronate da una spalliera (§. 334) di legno.

La saldezza di questo ponte fu comprovata con apposito sperimento, poco dopo ch' era stato costrutto, essendosi fatta radunare sul palco quantità di gente, in guisa che ne venisse riempita tutta la superficie, e non essendo risultato verun inconveniente nell' edifizio per l' effetto di questo massimo gravame (§. 322). E nel progresso si è osservato, che mantenendo i fili di sospensione, e le catene di ritegno in un giusto grado di tensione, il palco per qualunque transito di persone si mantiene immobile, e concepisce soltanto un lievissimo tremore, il quale lungi dall' esser motivo d' incomodo o di tema, deve anzi risguardarsi come una prova della solidità, e sicurezza del sistema.

(1) V. Scamozzi. — *L' idea dell' architettura universale.* — Parte II, lib. VIII, cap. XXIII.

Questo ponte pensile fu immaginato ed eseguito dai due edimburghesi Redpath, e Brown, e non costa più di 160 lire sterline.

§. 479. Nella fig. 209 vedesi un tipo icnografico ed ortografico del nuovo ponte di Dryburgh. Nella primitiva sua costruzione (§. 477) questo ponte, della lunghezza di m. 79,2, aveva un palco largo m. 1,22, sostenuto da catene, disposte nella medesima guisa de' fili sostenenti il palco del testè descritto ponte di King's-Meadows. Le catene erano composte di pezzi di verga, ciascuno dei quali aveva ad una delle estremità un occhio, fattovi alla fucina, e nell' altra estremità era ripiegato ad uncino, in modo che poteva abbrancare l' occhio d' un altro pezzo, e quindi esser chiuso e stretto per mezzo d' una viera, come vedesi in Z. Ma in cotesta primiera struttura il ponte concepiva un movimento vibratorio sensibilissimo nel passaggio anche d' una sola persona. Dopo le parziali rotture d' alcune catene, causate una volta da alcune imprudenti persone, che si presero lo sciocco diletto di mettere il palco in una violenta agitazione, ed un' altra volta da un impetuoso soffio di vento; finalmente il dì 15 gennaio 1818, non più di sei mesi da che il ponte era stato compito, fu conquassato e distrutto dalla furia d' un vento violentissimo. E fu allora osservato che non una o due sole fratture erano avvenute negli articoli componenti le catene presso l' occhio lavorato alla fucina, ma che bensì tutte l' articolazioni si erano sciolte pel cedimento degli uncini o ganci, accaduto nel modo che vien rappresentato in Y. Ma in meno di tre mesi l' edifizio si vide ristabilito, e mentre la prima sua costruzione non era giunta a costare 500 lire sterline, non fu d' uopo per erigerlo di bel nuovo che della spesa addizionale di lire 220. La figura dimostra appunto la disposizione con cui fu organizzato il ponte nella sua rinnovazione, dagli stessi Architetti Giovanni e Guglielmo Smith, che ne erano pure stati i primi costruttori.

Il palco del nuovo ponte, nella già detta lunghezza di m. 79,2, ha di larghezza m. 1,37, e giace in un piano orizzontale elevato m. 5,5 sul pelo magro del fiume Tweed. Per la sospensione delle catene sono eretti sulle due testate due castelli di legname d' abete, con una disposizione, di cui si può prendere qualche idea nel piccolo tipo X. L' elevazione di ciascuno di questi castelli sul piano del palco è di m. 8,56. Il vano libero fralle due colonne laterali d' ognuno dei castelli è di m. 2,74; ed è questa la larghezza della strada ai due accessi del ponte. Il palco consiste in due corsi di travi longitudinali d' abete, disposti lungo i due lembi laterali, e collegati per mezzo di traverse, ad essi connesse con incastri a maschio e femmina. Ne risulta un telaio, sul quale è distesa e chiodata la coperta, formata di tavoloni, i quali non sono messi a contatto l' uno dell' altro, ma alcun poco discosti, affinchè le acque trovino ove scolare per quegl' interstizi, che sono di circa m. 0,019. Due armature verticali di legname sono disposte lateralmente non solo a far l' uffizio di parapetti, ma ben anche a corroborare il palco cioè ad impedire che vada soggetto a movimenti ondulatorii, e ad inflessioni longitudinali, venendo investito gagliardamente dal vento. In rinforzo delle travi longitudinali sono distese sotto ad esse due catene coi capi allacciati saldamente alle testate di muro, e composte di verghe di ferro annodate l' una all' altra, del diametro di m. 0,025.

Il descritto palco è sostenuto da quattro catene principali, delle quali due sono appese all' uno, e due all' altro dei castelli di sostegno eretti sulle

testate. L' infimo punto della curva costituita da ciascuna coppia di catene, cade nella sommità del parapetto corrispondente. Le catene sono composte di verghe di ferro, del diametro di m. 0,041, e della lunghezza di m. 3,05. Tutti gli occhi, che servono per annodare insieme le verghe o gli articoli, onde formarne una catena tutt' unita, sono forati a fuoco in entrambe l' estremità di ciascun articolo; e quindi l' unione d' un articolo con l' altro consiste in un anello di figura ovale lungo m. 0,23 a cui sono infilati gli occhi esistenti nell' estremità dei due articoli adiacenti. E queste due catene così conformate e disposte reggono poi il palco mediante due serie di fili verticali del diametro di m. 0,013, pendenti dagli anzidetti anelli, che formano l' articolazioni; i quali fili, passando a traverso le travi laterali del palco con le loro estremità inferiori fatte a vite, vengono arrestati al di sotto con le corrispondenti madreviti, che si stringono addosso al ventre delle travi stesse con un' interposta rotella di ferro. Le due catene nella sommità di ciascun castello, a cui sono appese, sono distanti l' una dall' altra m. 3,66, e vengono poi di mano in mano avvicinandosi fino al mezzo del ponte, ove sono affisse ai parapetti, ed ivi la distanza dell' una dall' altra è di m. 1,37, quanta è la larghezza del palco. Questa convergenza delle catene, e quella che conseguentemente hanno dall' alto al basso i fili ad esse appesi, si stimarono vantaggiose per servire di freno alle oscillazioni orizzontali del palco. Per questo medesimo intento il sistema è ritenuto da diverse catene d' ormeggio, ognuna delle quali con una estremità è affissa ad una delle traverse del palco, e con l' altra si attiene ad un palo piantato saldamente nella riva. La disposizione di tali catene si rende abbastanza chiara per mezzo delle linee convergenti, segnate nella pianta, che dimostrano le parti estreme di esse catene, ove si attaccano al palco. I castelli di sospensione vengono assicurati nella positura verticale mediante alcune catene di ritegno, uguali alle catene di sospensione, le quali, afferrando la sommità dei castelli medesimi, vengono a conficcarsi sotterra nella riva, ove sono assicurate a grandi lastre di pietra rese immobili dalla forza di grossi massi di muramento, costrutti in forma d' archivolto.

§. 480. Le due opposte rive dello stretto di Menai (§. 477) al così detto passo di Bangor, sono distanti l' una dall' altra m. 293, e rinchiudono un braccio di mare profondo m. 8,23 nella magra, e m. 14,64 nella piena, con fondo di roccia, e con una rapida corrente, altronde frequentato dai più grossi bastimenti. Tutte queste circostanze presentavano gravissime difficoltà per lo stabilimento d' un ponte; ed erasi poi giudicato assolutamente impossibile d' erigerne in cotesta località uno di legname, ovvero d' opera murale, poichè niun espediente vedevasi adattato per innalzare le necessarie centinature, o qualsiasi sistema di sostegni provvisionali per l' esecuzione d' un' opera di tal fatta. Questa medesima difficoltà fu pure d' ostacolo all' ammissione di molti progetti di ponti di ferro della prima o della seconda specie (§. 473), presentati dai più bravi Ingegneri inglesi, e fra gli altri di quello che era stato esibito dal Telford l' anno 1811, in cui si proponeva un' arcata di ferro fuso dell' apertura di m. 152,40, ed elevata nel mezzo a m. 30,48 sull' ordinarie escrescenze della marea. Fu poi nel 1818 che lo stesso Telford mise in campo il progetto d' un ponte pensile, il quale avendo ottenuti i suffragi di molte persone intelligenti, da cui fu fatto esaminare, venne approvato dal Governo inglese, e ne fu decretata

l'esecuzione; e quindi essendosi messa mano all' opera l'anno 1820, sappiamo ora che il ponte è stato felicemente condotto a termine, ed aperto non ha guari al Pubblico con generale ammirazione.

La generale disposizione di questo gran ponte vedesi disegnata nella fig. 210. Sulla parte di mezzo dello stretto, ove passano le navi, è gittata un'arcata pensile fra due grandi pile o torri di muro, distanti l'una dall' altra m. 177 circa da mezzo a mezzo; ed in continuazione di essa fino alle laterali rive sono erette tre arcate di muro dalla parte dell'Inghilterra e quattro verso l'isola d'Anglesea, ciascuna delle quali è dell' apertura di m. 15,85. La strada sul ponte è della larghezza di m. 9,14, ed è divisa in tre parti: quella di mezzo dei pedoni larga m. 1,22, e le due laterali per le vetture, ognuna della larghezza di m. 3,96. Il piano del ponte è alto m. 30,48 sul pelo dell' alta marea. Le sommità dei castelli di sospensione, sorgenti sulle due torri, sono elevate m. 15,85 sul piano del ponte. Queste sono le principali dimensioni dell'edifizio, riferiteci dai giornali tecnici dopo la sua costruzione (1), e corrispondono presso a poco a quelle ch' eransi stabilite nell'originale progetto, ed in un preventivo disegno, dal quale è stata ricavata la figura che abbiamo sott' occhio. Questa però dimostra il sistema dell' arcata pensile come dapprima erasi divisato, e non come ha avuto effetto. Della reale organizzazione della parte pensile dell'edifizio, non abbiamo che pochi ed imperfetti ragguagli; poichè tutte l' opere, in cui si è fatta menzione di questa segnalata impresa, sono state scritte anteriormente all' epoca del suo compimento. Possiamo bensì riferire quali fossero in genere le idee del primitivo progetto, additando alcune sostanziali modificazioni che erano state adottate nell' atto dell' esecuzione prima dell' anno 1823.

Da principio il Telford aveva divisato di tener sospeso il palco per mezzo di sedici cordoni o canapi di ferro, ciascuno de' quali sarebbe stato composto di quarantotto verghe riunite in fascio, ed avrebbe avuto una sezione dell' area di 7742 millimetri quadrati. Questi fasci di verghe imbrattati di pece o di grasso, dovevano essere stretti da un involucro di fili di ferro attortigliati, e saldamente annodati, spalmato di catrame, e quindi foderati di tela incatramata e legata con ispago. L'uso di simili canapi di sospensione era già stato immaginato dallo stesso Telford nel dare il progetto del ponte di Runcorn (§. 477). Ma nella costruzione del ponte di Bangor si abbandonò poi l' idea di codesti canapi, e furono ad essi sostituite delle catene di particolare artifizio, ad imitazione di quelle che il Capitano Brown mise in opera nella costruzione del ponte pensile d' unione sul fiume Tweed a Norhamfort, circa cinque miglia superiormente al porto di Berwick: edificio incominciato in agosto del 1819, e compito in luglio del 1820. Per tal modo la sospensione per via di canapi metallici non è tuttora se non che un sistema ideato, e non mai messo ad effetto. Forse non per altra ragione sono stati esclusi i canapi di ferro, se non che pel discapito di resistenza assoluta, che si è osservato accadere quando molti fili sono insieme riuniti a formare un cordone, avendo dimostrato l'esperienza che la resistenza del canape non è che $\frac{8}{13}$ del complesso delle resistenze

(1) V. il precitato articolo del *Bulletin des sciences technologiques.*

parziali dei fili che lo compongono (1). Le catene di ritegno avrebbero dovuto, secondo il primo progetto, essere semplicemente assicurate alle masse di muro costituenti i piedritti delle laterali arcate, come appunto apparisce nel tipo; ma in fatto sono state protratte fino alle rive, ed internate nello scoglio per un' estensione longitudinale di m. 18, e ad una profondità di m. 12, in guisa che sono tenute ferme ad una massa più che sufficiente per far equilibrio con la tensione, in cui desse sono tenute per l' azione di tutto il sistema pensile. Per tale modificazione le catene di ritegno, e quelle di sospensione sono ugualmente inclinate alla verticale, nelle sommità dei sostegni, o grandi cavalletti di ferro sorgenti sulle due torri; e poichè l'une sono in continuazione dell' altre, senza disgiunzione, ed appoggiate alle sommità dei cavalletti in modo da potervi scorrere liberamente, ne segue che i cavalletti stessi non soffrono se non che una pressione verticale, e non possono mai trovarsi esposti a veruno sforzo orizzontale. Un'altra importante variazione si è quella d'avere stabiliti i punti di sospensione all' altezza di m. 15,85 sul piano del ponte, come abbiamo di già riferito, mentre a norma del progetto avrebbero dovuto essere elevati soltanto di m. 11,30 sul piano stesso. Le catene di sospensione giacciono in quattro piani verticali e paralleli, i quali dividono la larghezza del ponte in tre parti, o sia in tre strade con la proporzione che fu sopra indicata, e da esse pendono i fili verticali, ai quali resta immediatamente appeso il palco. Di questo sappiamo soltanto ch'è d' una struttura mista, vale a dire in parte di legname, e in parte di ferro.

Le prime notizie che ci giunsero intorno a cotesto gran ponte pensile, appena che fu esposto al passaggio delle vetture, facevano sperare che fosse così stabilmente provveduto al tragitto dello stretto di Menai, per la comunicazione delle due isole. Ma i posteriori ragguagli sono stati ben diversi, poichè abbiamo da essi saputo, che in tempo di burrasche il ponte è violentemente agitato, in guisa che ne diviene pericoloso il passaggio; e che per renderlo sicuro anche nei momenti burrascosi sarebbe necessario di farvi considerabili riparazioni. Si racconta che il palco viene scosso dal vento nullameno che se fosse una gran tenda incatramata appesa per le sue quattro estremità (2). Staremo a sentire se e quali espedienti saranno stimati opportuni per rimediare a questa gravissima imperfezione.

§. 481. I pochi esempi di ponti pensili, che abbiamo finora succintamente descritti ci aprono l' adito ad alcune generali considerazioni sulle essenziali differenze che possono occorrere nella disposizione di questa sorta d'edifizi. Il palco d' un ponte può essere sospeso ai due sostegni capitali semplicemente per mezzo di fili o catene metalliche, che da un capo afferrino il palco in varii punti de' suoi lembi laterali, e dall' altro capo sieno attaccati ai sostegni, tutti ad una medesima altezza, ovvero ad altezze diverse. In tal guisa abbiamo veduto essere organizzato il ponte di King's-Meadows (§. 478); nè diverso era l' artifizio del ponte di Dryburgh nella prima sua costruzione (§. 479). In cotesta disposizione può ravvisarsi una certa analogia con quella dei ponti di legname a semplice impalcatura, rinforzata da sottoposti saettoni (§. 321); con questa sola diversità che mentre i

(1) Cordier. — *Essais sur la construction des routes* ec. — Tomo I. pag. CXXIX.
(2) *Bulletin des sciences technologiques*, nel predetto tom. V, a pag. 374.

saettoni ostano l' abbassamento del palco per un esercizio di resistenza alla compressione, i fili o le catene di sospensione debbono esercitare per lo stesso effetto la loro resistenza assoluta. Che se il palco del ponte sia sospeso per mezzo di fili verticali pendenti da catene o da canapi di ferro appiccati alle sommità de'due sostegni capitali, la disposizione diviene analoga a quella dei ponti di legname a castello, con quella differenza che vien fatta nella Meccanica fra un sistema a poligono di lati flessibili, ed un poligono di lati rigidi. E quindi i ponti pensili che hanno i fili verticali appesi a catene di corti anelli, ovvero a canapi di ferro, possono in certo modo presentare un sistema inverso di quello dei ponti ad arconi di legname (§. 329). I ponti sospesi in questa seconda conformità sono stati conosciuti a quanto sembra, più solidi e meno soggetti a disordini di quelli organizzati nella prima maniera, di cui si vede ora abbandonato l'uso. Quanto all' economia della costruzione, è stato dimostrato da Navier, che non vi è ragione di preferire l' uno o l' altro sistema, esigendo l' uno e l'altro presso a poco la medesima spesa.

Abbiamo veduto (§. 479) che nel ponte di Dryburgh le catene di sospensione sono inclinate, e convergono verso il mezzo del palco; mentre negli altri ponti ponsili da noi considerati ogni catena di sospensione giace tutta in un piano verticale. Fu detto che la convergenza delle catene si riguardava come una precauzione vantaggiosa contro le oscillazioni del palco. Ma in fatto poi si è osservato che questo vantaggio si riduce a nulla o a ben poco, mentre dall' altra parte l' inclinazione aumenta la tensione delle catene in ragione inversa del coseno dell'angolo, che il piano di essa catena fa con la verticale, e quindi è in isvantaggio o della solidità, o dell' economia. Altronde il ponte pensile d' unione sul fiume Tweed, in cui il palco è largo m. 5,5 e lungo m. 110, ed ha il tavolato disteso sopra soli legni trasversali, senza verun membro diagonale di rinforzo, ha dato prova che quando sia una giusta proporzione fra la larghezza e la lunghezza del palco, l' impulso del vento e il passaggio delle vetture divengono invalidi a produrre nel sistema un' oscillazione orizzontale, quantunque le catene di sospensione non declinino dal piano verticale.

I varii ponti sui quali ci siamo trattenuti, sono tutti ad una sola arcata pensile. Ma è ben facile di concepire la disposizione d' un ponte composto d' una serie d' arcate pensili, ove diversi piedritti possano essere distribuiti nel seno da valificarsi. Varii progetti sono stati esibiti per la costruzione di ponti a molte arcate pensili, ed alcuni ne sono già stati eseguiti, fra i quali si conta quello della Trinità, stabilito nel golfo di Forth presso Edimburgo in qualità di molo di sbarco, del quale avevamo già fatto menzione (§. 477).

La struttura de' ponti pensili offre numerosissime diversità in tutto ciò che appartiene all'organizzazione e disposizione de' castelli di sostegno, delle catene e dei fili di sospensione, delle catene di ritegno, de' palchi e de' parapetti. Ma qui basti d' aver dato un cenno di quegli articoli che concernono l' essenziale costituzione del sistema. Le più minute particolarità saranno materia di studio per chi avesse bisogno o curiosità d' istruirsi a fondo su questo argomento. La sullodata opera del Navier (§. 477) è ricca di fatti, e di ricerche interessanti in questa materia, che offre insieme un bel saggio dell' utilità dell' applicazioni meccaniche nell' arte delle costruzioni architettoniche.

§. 482. Ai ponti di ferro pensili non può negarsi il vanto d'alcune interessanti prerogative. 1.° Per essere innalzati non hanno essi bisogno di centinature e di palchi; poichè sollevate e fissate l'una dopo l'altra le catene di sospensione, può pel rimanente l'edifizio essere messo insieme con l'aiuto di semplici palchi provvisionali volanti, appesi alle catene stesse. 2.° Quindi principalmente deriva la singolare speditezza della costruzione; ed abbiamo di fatti notato la mirabile sollecitudine con cui sono stati compiti alcuni ponti di questo genere, che abbiamo descritti, o semplicemente menzionati nelle precedenti narrazioni. 3.° In caso d'alterazione o d'indebolimento possono i diversi membri del sistema, come sarebbe qualche articolo delle catene, alcuno de' fili di sospensione, ovvero una porzione del palco, essere staccati e rinnovati per mezzo d'operazioni semplici e facili, senza scomporre l'altre parti dell'edifizio, senza bisogno di puntellature, e quasi quasi senza intercludere il pasaggio del ponte. Cotesto vantaggio non sarebbe sperabile nei ponti d'opera murale, nè in quelli di legname, e neppure negli altri sistemi di ponti di ferro. 4.° L'enunciata facilità d'eseguire le parziali riparazioni, che possono occorrere coll'andar del tempo nell'edifizio, ne garantisce evidentemente la durevolezza. 5.° Il sistema è in particolar modo favorevole ove si tratti di traversare fiumi o canali navigabili, poichè al di sotto del palco rimane interamente libero il varco ai bastimenti dall'uno all'altro capo dell'arcata, mentre sotto tutti gli altri ponti il passaggio è lateralmente impedito o dai fianchi delle vôlte, se il ponte è di muro, ovvero da quelli dell'armature, o castelli, se il ponte è di legname o di ferro. Spicca eminentemente questo vantaggio nel grandioso ponte di Bangor, di cui abbiamo detto di sopra (§. 480). 6.° Finalmente si pone grand'importanza nella molta economia che è propria di questo sistema, in confronto di qualunque degli altri che possono convenire per la costruzione d'un ponte. Abbiamo in fatti avvertito quanto sia stata modica la spesa della costruzione del ponte di King's-Meadows (§. 478), e così pure di quello di Dryburgh (§. 479). Non ci è noto quanto sia effettivamente costato il ponte di Bangor; ma certo è che secondo i preventivi calcoli di Telford, la spesa non avrebbe dovuto oltrepassare la somma di 60000 lire sterline. Per altro nel 1823, in grazia dei cambiamenti adottati, e d'alcune difficoltà imprevedute nella fondazione d'una pila, e nella cavatura delle pietre, si presagiva che l'edifizio avrebbe importato più del doppio di detta stima. Il ponte di ferro fuso, progettato dallo stesso Telford nel 1811, era stato valutato 127331 lire sterline. Non lasceremo però d'avvertire che questa decantata economia de' ponti pensili di ferro, e d'altre analoghe costruzioni, deve necessariamente dipendere dalle circostanze dei luoghi, e potrebbe divenire talvolta effimera, ove il prezzo del ferro lavorato fosse maggiore che nell'Inghilterra, come appunto accade nella Francia, e nell'Italia ove questo materiale dovesse essere trasportato da luoghi distanti, mentre meno costosi e più vicini potessero aversi i materiali per la costruzione d'un ponte di legname, o d'opera murale; e finalmente ove non potesse calcolarsi sopra quelle facilitazioni, che si sono rese comuni nell'Inghilterra per le lavorazioni del ferro. E ci sembra di potere ragionevolmente presumere, che pel riguardo economico non si avrà motivo, almen per ora, d'adottare il sistema dei ponti pensili in veruna parte dell'Italia.

§. 483. A fronte dell' enumerate prorogative i ponti pensili vanno soggetti a due rilevantissimi inconvenienti, uno de' quali dipende dalla disposizione, l' altro dalla qualità degli organi del sistema. Dalla disposizione ha origine quella mobilità o cedevolezza, per cui il palco è capace di brandire, e di essere messo talvolta in una violenta agitazione, venendo gagliardamente investito dal vento, ovvero ricevendo qualche urto violento dalle vetture che lo tragittano. Si pretende che dietro l' esempio del ponte d' Unione (§. 481) basti di stabilire un giusto rapporto fra la larghezza e la lunghezza del palco, per porre il sistema al sicuro dall' oscillazioni orizzontali. Ma non si adduce finora alcun temperamento, che valga con sicurezza a reprimere le ondulazioni verticali, le quali, nei palchi di grande estensione, e nei luoghi molto dominati dai venti, possono arrivare a segno di rendere di quando in quando pericoloso o inutile il ponte, come appunto abbiamo inteso che accade in quello di Bangor (§. 480). Per la qualità poi degli organi sostenitori la sussistenza d' un ponte pensile è continuamente in pericolo, poichè il ferro non dà così manifesti segni della sua alterazione, e del suo indebolimento come gli altri materiali; e perchè le catene ed i fili metallici sono soggetti a spezzarsi tutt' ad un tratto senza darne preventivi indizi: ma principalmente a motivo che agli uomini di mal talento, mossi o dalla cupidigia della depredazione del metallo, o dallo spirito perverso di nuocere alla società, è impresa di poco il sottrarre i perni, le caviglie, o altri arredi destinati a tener collegate le parti del sistema, ovvero anche il tagliar con la lima i fili e le catene; ed è manifesto che qualunque di tali sconci è valido a produrre la totale ed instantanea rovina di così fatti edifizi.

Il sistema della sospensione ha dato senza dubbio all' architettura un espediente adattato, può dirsi esclusivamente, per superare le maggiori difficoltà nello stabilimento dei ponti. Egli è però da presumersi, che in grazia delle travi ed inevitabili imperfezioni, che abbiamo testè avvertite, l' uso dei ponti pensili si dovrà riserbare per quei soli casi, nei quali non fosse possibile d' avere convenientemente l' intento per mezzo di veruno degli altri mezzi ordinari o straordinari dell' arte; o che al più si potrà solo rendere frequente pei piccoli tragitti, ove le fisiche, l' economiche, e le politiche circostanze de' luoghi sieno confacenti a far risultare i vantaggi, e a non far temere i dannosi effetti dell' imperfezioni del sistema. Del resto convien confessare che il sistema stesso è troppo recente nell' arte, e che troppo scarse, brevi, e particolari prove se ne sono avute, per poterne formare un giudizio ben fondato, e generale. Il tempo e l' esperienza faranno conoscere quale ne sia l'assoluta importanza, quali le circostanze alle quali può convenire, finalmente quali gli artifizi e le cautele, che ne possono assicurare la più soddisfacente riuscita.

§. 484. Per ultimo fralle più famose invenzioni della moderna architettura ci si offrono le strade di ferro. Sebbene sieno queste tuttora inusitate in Italia, e non veggasi verisimile, nell' attuali circostanze, che vengano qui per ora a trapiantarsi così fatte innovazioni, tuttavia, se non altro per semplice erudizione, non tralasceremo di addurne alcune elementari notizie. Le strade di ferro non sono già totalmente coperte di lastre metalliche, come forse taluno potrebbe immaginarsi, ma sono soltanto guernite di due rotaie parallele di ferro angolari o a risalto, sulle quali scorrono le ruote

de' veicoli, organizzate in modo opportuno. Ove la maggior attività del commercio l'esiga, possono anche farsi le strade di ferro doppie, o vogliam dire a due paia di rotaie. Fin dall'anno 1680 si cominciarono a costruire nell'Inghilterra delle strade a rotaie. Ma queste da prima non furono che di legno e di grossolano artifizio. Migliorando a grado a grado il sistema giunse finalmente alla perfezione; e dal 1797 in poi si sono sempre più conosciute le condizioni, e le proporzioni, che possono assicurarne la riuscita, e quindi è colà divenuto generale l'uso delle strade a rotaie di ferro (1). Le rotaie delle strade di ferro sono composte di grosse spranghe di ferro fuso della lunghezza di m. 1, 20, poste in continuazione l'una dell'altra; ed importa sommamente che la disposizione sia tale, che le due rotaie riescano perfettamente parallele, e che le loro superficie, sulle quali debbono scorrere le ruote de' carri, sieno in un medesimo piano inclinato. La grossezza e la larghezza delle spranghe debbono essere proporzionate al peso dei carri carichi, e alla qualità del fondo. Le spranghe sono, come abbiamo detto, angolari, ovvero a risalto. Nel primo caso hanno un orlo prominente dalla parte esterna, il qual ritiene le ruote costantemente sulle rotaie, impedendo ad esse di deviare o al di qua o al di là. Nel secondo caso le spranghe hanno un risalto convesso, che viene abbracciato da una gola incavata nella grossezza di ciascuna ruota, e così pure le ruote sono continuamente costrette a scorrere lungo le rotaie. Le spranghe a risalto costano più delle angolari, e sono meno stabili. Ma le rotaie angolari sono soggette all'inconveniente di riempirsi di polvere o di fango, onde più stentatamente vi scorrono le ruote, e si richiede un maggior dispendio di forza motrice I carri sono tirati lungo queste strade da cavalli, ovvero spinti dalla forza del vapore. In questo secondo caso le rotaie sono formate a risalto, ed una delle due è d'uopo che sia guernita lungo il risalto, dalla parte esterna, d'una serie di denti, in cui possano ingranare quelli d'una ruota, che fa parte della macchina a vapore, e che col suo movimento rotatorio, in virtù del detto ingranaggio, comunica il movimento progressivo a tutta la macchina, e ad una serie di carri incatenati l'uno all'altro, che la macchina stessa trae dietro di sè. Nelle fig. 211, 212 si rappresentano il profilo e la pianta d'una strada a rotaie di ferro, sulla quale scorre un convoglio di carri, tirato da una macchina a vapore. Le spranghe, o articoli delle rotaie, sono posti in continuazione l'uno dell'altro, siccome già si disse: e le estremità di essi, che si congiungono l'una all'altra, sono appoggiate o sopra tavoloni trasversali, o sopra traverse di ferro fuso, ovvero finalmente sopra grossi massi di pietra. I tavoloni trasversali sono di troppo breve durata, atteso che presto sono alterati dalle piogge, e consunti dal calpestìo de' cavalli; e perciò non se ne fa uso se non che nelle strade provvisionali, che servono al trasporto de' materiali nell'esecuzione di grandi lavori. Le estremità delle spranghe s'incastrano l'une nell'altre, essendo a quest'effetto terminate ad angoli, o ad archi di circolo, alternativamente salienti e rientranti, e sono formate sui tavoloni per mezzo di grossi chiodi a testa piana. Per le strade stabili si adoperano le traverse di ferro fuso, nelle quali sono aperti dei fori, o mortise; ed in queste s'incastrano i perni o denti, di cui son guernite l'estremità delle spranghe nella parte

(1) Cordier. — *Essai sur la construction des routes.* ec. Tomo I, pag. CLIV.

di sotto, oltre di che le spranghe vengono assicurate alle traverse per mezzo di caviglie di legno o di ferro. Si è riconosciuto necessario di lasciare qualche piccolo largo nelle connessioni, a fine di prevenire gli effetti della dilatazione, delle vibrazioni, e delle scosse, che senza tale avvertenza potrebbero esser cagione della rottura di qualche articolo. Ma ove le rotaie sieno a maggior distanza l'una dall'altra, ed abbiasi abbondanza di pietra, vale meglio d'ogni altro l'espediente di porre a sostegno delle spranghe dei grandi massi, collocandone uno sotto ciascheduna congiunzione, come appunto si osserva nella fig. 212. Le estremità delle spranghe si assicurano ai massi per mezzo di caviglie di legno o di ferro, introdotte nei fori, fatti preventivamente a bella posta nel ferro e nella pietra. Sebbene in questo caso le rotaie sieno indipendenti l'una dall'altra, si è tuttavia osservato che il sistema riesce perfettamente stabile.

§. 485. Prescindendo dai vantaggi che possono derivare dall'uso della macchina a vapore per sospingere i carri lungo le strade di ferro, poichè tali vantaggi dipendono dall'abbondanza e dal prezzo basso del combustibile, e spariscono ovunque codesto elemento sia scarso e assai costoso, le strade a rotaie di ferro sono generalmente utilissime quando s'impiegano i cavalli al tiro de' carri, avendo mostrato l'esperienza, che un cavallo su queste strade è capace di trascinare cinque, sei ed anche otto tonnellate mercantili inglesi (1), mentre sulle migliori strade inghiaiate non può tirare che mezza, o al più una tonnellata. Oltre di che a favore delle stesse strade è da considerarsi, che non son soggette ad essere alterate dalle piogge, e quindi che non presentano quelle difficoltà, e quei ritardi ne' trasporti, che sono quasi inevitabili nelle strade inghiaiate alle stagioni piovose; che rendono il movimento delle vetture placido e regolare, ed esentano le materie trasportate da quei danni, che non di rado in esse avvengono pel sussulto dei veicoli nelle strade ordinarie inghiaiate o selciate, per poco che la superficie di esse sia ondulata e irregolare, che, finalmente, per la stessa regolarità del movimento, le ruote de' veicoli sono meno esposte a sconciarsi, e quindi la manutenzione di esse costa pochissimo o quasi nulla. Aggiungasi che in grazia della bassezza de' carri, che sono esclusivamente destinati a frequentare questa sorta di strade, il carico e lo scarico delle mercanzie si eseguiscono con molto maggior speditezza ed economia, che sui veicoli soliti a percorrere le strade ordinarie. La durezza propria della ghisa (§. 432) preserva le rotaie dal logorarsi per l'attrito delle ruote de' carri. Potrebbero bensì le spranghe spinte verticalmente da un carico troppo forte smoversi o anche rompersi, ma affinchè le rotaie sieno salve da tale inconveniente, si è conosciuto utile di ripartire il carico sopra buon numero di carri, in guisa che ciascuno di essi non sostenga più di due o tre tonnellate di peso. Nè solo alle strade ordinarie, ma si è anche desunto che in molti casi le strade di ferro possono essere anteponibili ai canali di navigazione, per la prontezza, e per l'economia de' trasporti. Certo si è che generalmente per mezzo d'una strada di ferro si può assai più facilmente, che per mezzo di un canale, seguire la direzione più confacente allo scopo, evitare, con un andamento girato a proposito, i passi disastrosi, traversare con discreta spesa gli alvei de' fiumi. Nell'Inghilterra le strade di ferro si sono moltiplicate

(1) La tonnellata mercantile inglese di 2400 libbre *avoir du poids* equivale a chil. 1088.

oltre modo, e si contava l' anno 1823, che colà a quell' epoca si stavano apparecchiando cento di tali strade, mentre si dava opera all' apertura di un solo canale navigabile (1). Chiunque vorrà leggere le più recenti opere inglesi intorno alle strade di ferro, e segnatamente quelle di Tredgold (2) e di Wood (3), vi potrà apprendere le più minute particolarità del sistema, ed i veri principii per valutarne i vantaggi, e per renderne perfetta la costituzione.

CAPO XVIII.

DELLE PROPRIETÀ E DEGLI USI ARCHITETTONICI D'ALCUNI ALTRI METALLI.

§. 486. Oltre il ferro, diversi altri metalli, e talvolta anche alcune leghe, si adoperano per varie occorrenze nell' arte di fabbricare. Non prendiamo già di mira que' preziosi metalli, e quelle misture o composti che sono unicamente riserbati per materia di sfarzosi adornamenti, o di ricchi arredi di lusso; ma bensì quelli che vengono adoperati più generalmente per varii effetti di reale utilità, nelle pubbliche, o nelle private costruzioni. Ne riferiremo brevemente le principali proprietà, ed accenneremo gli usi a cui sono più comunemente destinati. Fra i metalli ci fermeremo a considerare il rame, il piombo, e lo stagno; fra le leghe o misture faremo semplicemente menzione del bronzo e dell' ottone.

§. 487. Il rame è uno dei metalli di cui la natura è stata più prodiga all' umanità. Se nè hanno miniere in tutte le parti dell' Europa. In Italia sono rinomate quelle del Piemonte, ed è celebre sopra tutto la grande e ricca miniera di Agordo nella provincia di Belluno, che fa parte del Regno Lombardo-Veneto. Il rame è d' un colore giallo rosso particolare, che dicesi volgarmente rosso di rame, ed è più o meno carico, secondo la maggiore o minor purezza del metallo. Presenta una frattura granulare compatta, qualche volta uncinata. È questo il più sonoro di tutti i metalli. Soltanto il platino ed il ferro sono più elastici di esso. Strofinato tramanda un odore disgustoso: accostato alla lingua fa sentire un sapore nauseoso astringente. È assai duro, e col batterlo si accresce la sua durezza. La sua gravità specifica, quando è in istato di semplice pasta, è di 8667; quando è battuto si aumenta fino ad 8900. Si fonde alla temperatura di 27 gradi del pirometro di Weedgwood, che equivalgono a 2024 gradi del termometro di Réaumur (4). Cristallizza per lento raffreddamento in cristalli piramidali a quattro facce. È estremamente duttile, e si può tirare in fili ed in foglie sottilissime. Il rame è soggetto ad ossidarsi: e quella patina o sottile crosta verde, di cui vanno ricoperte le statue e le medaglie antiche, a cui si è data la denominazione latina di *aerugo nobilis*, altro non è che un composto d' ossido di rame e d' acido carbonico.

(1) V. la citata opera di Cordier. Tomo I, pag. CLIII.
(2) *A practical treatise on rail-roads and carriages* ec. Londra 1825.
(3) *A practical treatise on rail-roads and interior comunications in general* ec. Londra 1825.
(4) Questa, e l' altre riduzioni dei gradi pirometrici in gradi del termometro di Réaumur, si sono fatte a norma del ragguaglio adottato dallo stesso Weedgwood fra il suo pirometro, e il termometro di Fahrenheit, e della relazione ammessa dai Fisici fra le due scale di Fahrenheit e di Réaumur. V. *Dizionario di Chimica dei signori* M. H. Klaproth, F. e Wolff, *traduzione di* Giuseppe Moretti. Milano 1814. Artic. *pirometro* — e *termometro*.

Generalmente il rame si trae dalle viscere della terra mescolato con altri metalli, ovvero combinato con l' ossigene, e con diversi acidi. Per ottenere il metallo puro convien sottoporre il minerale alla fusione, e ad altri processi, secondo la natura delle sostanze, che vanno accompagnate col rame. Il rame fuso si fa rapprendere in lastre, versandovi sopra dell' acqua; queste lastre sono conosciute in commercio sotto il nome di *rosette*. Per rendere il metallo più duttile si fanno fondere di bel nuovo le rosette, si cola il rame liquefatto entro forme coniche riscaldate, e spolverizzate internamente di calce, e quindi cavati dalle forme i masselli si lavorano alla fucina.

Le sperienze fatte dal Rennie nell' Inghilterra, e riferite dal Navier (1), hanno recentemente fatto conoscere che la resistenza assoluta del rame colato è di chilog. 13,4 per ogni millimetro quadrato della sezione normale alla forza distraente; e che nel rame battuto la resistenza è di chilog. 24,9 per millimetro quadrato. Lo stesso Navier dedusse in Francia da alcuni suoi sperimenti (2), che la resistenza assoluta media del rame ridotto in lamine può valutarsi di chilog. 21, 1, ma che per altro il distendimento della lamina incomincia quando il valore della forza distraente è uguale alla metà circa di quello, che è capace di farla rompere. La resistenza del rame allo schiacciamento risultò dalle esperienze del predetto Rennie di chilog. 8232,75 nel metallo fuso, e di chilog. 61, 686, nel metallo battuto, per ciascun centimetro quadrato della sezione perpendicolare alla forza comprimente (3).

Nei secoli della più remota antichità il rame veniva impiegato in una quantità di lavori, pei quali gli fu posteriormente sostituito il ferro, perchè di gran lunga più abbondante in natura, e per conseguenza meno costoso. Presentemente nell' arte di fabbricare si fa soltanto uso, e ben rare volte, del rame per la formazione di qualche copertura di tetti o di cupole (§. 277). Non è gran tempo che s' adoperava cotesto metallo per alcuni articoli di costruzione, nei quali si giudicava preferibile ad ogn' altra materia, in grazia della sua durezza, o resistenza all' attrito. Per questo motivo si facevano di rame le ralle ai cardini inferiori delle porte delle chiuse (§. 363), e non per altro il De Cessart aveva prescritto che dovessero esser di rame le piastre destinate a soffrire l' attrito delle rotelle di bronzo, nel movimento del suo ponte girante, di cui facemmo parola (§. 349). Ma si è conosciuto in appresso che la ghisa è capace in simili casi di resistere all' attrito sotto le più gagliarde pressioni (§. 432); e che quindi può essere sostituita al rame con lo stesso effetto, e con valutabile risparmio di spesa.

§. 488. Il piombo trovasi esso pure sparso dalla natura presso che in tutte le contrade dell' Europa. Questo metallo è di colore bianco azzurrognolo, di sapore leggermente disgustoso, d' odore nauseante, che però non si manifesta se non che in conseguenza della strofinazione. Il piombo fuso o tagliato di recente ha la superficie splendidissima, ma si appanna ben presto al contatto dell' aria. Il suo peso specifico è di 11352; la sua durezza è pochissima, a segno che può essere raschiato con l' unghia e tagliato col coltello. Per quanto venga battuto non si aumenta nè la sua gravità, nè la sua durezza. È capace d' esser tirato in foglie ed in fili sottili: non è nè elastico nè sonoro, e la sua tenacità è quasi nulla. Si fonde assai prima di diventar

(1) *Résumé des leçons* ec. Parte I, §. 42.
(2) *Ibidem*. §. 582.
(3) *Ibidem*. §. 17.

rosso, alla temperatura di 340 gradi del termometro di Fahrenheit, corrispondenti a 226 gradi di quello di Réaumur. Si trova sempre mescolato con altri metalli, e con diverse sostanze d'altro genere, dalle quali si separa per mezzo della fusione, o d'altre operazioni accessorie, confacenti alle qualità e ai componenti del minerale.

La resistenza assoluta del piombo fuso apparve in alcune sperienze del Rennie di chilog. 1,28 per ciascun millimetro quadrato della sezione; e in altre sperienze fatte dal Navier sopra lamine metalliche risultò del valor medio di chilog. 1,35 per millimetro quadrato. Ed osservò lo stesso Navier che le lamine cominciano a distendersi sotto una forza distraente compresa fra la metà e i due terzi di quella, che vale a produrre la rottura. La resistenza dello stesso metallo allo schiacciamento fu per via di esperienze trovata dal più volte ricordato Rennie di chilog. 135,84 per ciascun centimetro quadrato della sezione normale alla forza premente.

Il piombo in lamine s'adopera più frequentemente del rame nelle coperture delle fabbriche (§. 277). Serve questo metallo per saldare nelle pietre i ferramenti, come già si disse degli arpesi (§. 458). Si cola altresì talvolta nelle commessure de' pavimenti a grandi lastre di pietra, che formano i coperti a terrazzo: e fa in tal caso l'effetto d'un bitume o d'un mastice, per impedire le filtrazioni dell'acqua nelle vôlte sottoposte. Taluni costruttori hanno stimato utile d'inserire delle lame di piombo nelle congiunzioni d'alcune armature di legname, affinchè il metallo corregga l'imperfezioni del taglio, e renda più pronto l'assestarsi, e minore il cedimento del sistema in opera. È noto l'uso che quotidianamente si fa del piombo nelle vetriere delle finestre. Di lamina di piombo si formano pure docce o canaloni, segnatamente per raccogliere e scaricare l'acque, che concorrono in copia ne' compluvi de' coperti (§. 309, 310).

§. 489. Ma fra i varii usi del piombo il più importante si è quello dei tubi destinati per le condotture de' piccoli corpi d'acque. I tubi di piombo, a confronto di quelli di ferro fuso, di terra cotta, e di legno, hanno la prerogativa d'essere, in grazia della loro flessibilità, adattati a prendere dolci curvature nelle svolte, e ad evitare quei maggiori ritardi, che avvengono nel corso dell'acqua pei gomiti troppo risentiti, i quali non possono schivarsi nelle condotture composte di tubi dell'altre specie testè nominate. La mollezza della materia rende i tubi di piombo meno degli altri soggetti a schiantarsi. I tubi di piombo si fanno talora di getto in pezzi della lunghezza di un metro circa, i quali vengono innestati l'uno nell'altro, e saldati insieme con una mistura composta d'un terzo di stagno, e due terzi di piombo. Ma più frequentemente si formano di lastre tirate a colpi di martello a giusta grossezza, arrotolate in forma di cilindro, e saldate in lunghezza con la già detta mistura.

Abbiamo dalle dottrine idrostatiche la condizione della fermezza dei tubi idraulici espressa dall'equazione $k G = 1000\, p\, r$, ove K è il coefficiente della tenacità, o sia della forza assoluta della materia, G la grossezza, ed r il raggio del tubo, p l'altezza della colonna d'acqua premente; ritenendo che sia 1000 la gravità specifica dell'acqua (1). Ora stando al risultato medio dell'esperienze del Rennie, addotto nel parag. antecedente, il quale è minore di quello ottenuto dal Navier, circa la resistenza assoluta del piombo, si

(1) Venturoli. — *Elementi di Meccanica e d'Idraulica*. Vol. II, lib. IV, cap. III.

dovrà fare evidentemente K= 1280000, valore assai minore di quello che deducesi dalla sperienza di Daniello Bernoulli citata dal Venturoli. Onde l'equazione della fermezza dei tubi sarà 1280000 G = 1000 p r, o sia 1280 G = p r; e per mezzo di questa, dati due dei tre elementi G, p, r, si potrà sempre determinare il terzo.

Per un tubo di piombo di cui sia il raggio di m. 0,019 e la grossezza, di m. 0,005, risulta p = 337 metri circa. Ora un così fatto tubo messo alla prova non ha guari dal Jardinet a Edimburgo, sopportò, senza dar segno di menoma alterazione, una colonna d'acqua dell'altezza di m. 305, cominciò a deformarsi quando la colonna d'acqua pervenne all'altezza di m. 366, e finalmente scoppiò alla pressione d'una colonna d'acqua di m. 427 (1). Sarebbe questa una riprova della testè allegata equazione. Ma in un'altra esperienza dello stesso Jardinet, un tubo della grossezza di m. 0,008, e del raggio di m. 0,025, non potè resistere che ad una colonna d'acqua alta m. 244, e crepò sotto un'altezza d'acqua di m. 305; mentre si deduce dall'equazione che avrebbe dovuto sopportare una colonna d'acqua dell'altezza di m. 409. Si conclude pertanto da questo secondo sperimento che l'equazione stessa non è abbastanza sicura, e che sarebbe pericoloso di farsene una norma generale per le pratiche determinazioni. Bensì questa seconda medesima sperienza ci potrà utilmente servire a correggere l'equazione in guisa che i valori da essa risultanti possano meritare un più giusto grado di fiducia. Riassumendo perciò l'equazione primitiva k G = 1000 p r, facciamo G = 0, 008, p = 244, r = 0, 025, e ne ricaveremo k = 762500: e quindi sostituito questo valore nella stessa equazione primitiva, essa si convertirà nell'altra 7625 G = 10 p r, per mezzo della quale si potrà determinare qualunque dei tre elementi G, p, r qualora gli altri due sieno noti.

§. 490. Lo stagno è un metallo di colore bianco argenteo, di sapore debolmente disgustoso, e che si distingue per la sua particolare proprietà di crepitare quando viene piegato. Esso è molle a segno che può essere intaccato col coltello. È duttilissimo, e si può ridurre in foglie della grossezza di m. 0,00027. La gravità specifica dello stagno fuso è di 7291; battendolo, il suo peso specifico cresce fino a 7299. Si fonde questo metallo alla temperatura di 442 gradi del termometro di Fahrenheit, che corrispondono a 182 gradi di quello del Réaumur. Assai rare sono le miniere dello stagno. Nell'Europa ne esistono ricche miniere soltanto nell'Inghilterra; nella Spagna, nella Sassonia e nella Boemia ve ne sono cave meno copiose. Lo stagno sembra che non esista in natura nello stato di purezza. Si purifica mediante la fusione ripetuta, dopo di avere preparato il minerale con altre opportune operazioni. Lo stagno più puro è quello che viene in Europa da Malacca e da Bancka, e si distingue per la sua bianchezza, pei cristalli che mostra nella frattura, e pel crepito che tramanda venendo piegato. In ordine di purezza viene appresso lo stagno inglese della Contea di Cornovaglia, sebbene però anche questo contiene uno per cento di piombo, e mezzo per cento di rame.

La tenacità o resistenza assoluta dello stagno è maggiore di quella del piombo, e secondo le sperienze del Rennie si può valutare di chil. 3,33

(1) *Bulletin des sciences tecnologiques*. Tomo. V. pag. 241.

per millimetro quadrato. La resistenza dello stagno allo schiacciamento, a norma dei risultati delle sperienze dello stesso Rennie, si potrebbe fissare del valor medio di chilog. 5272 per centimetro quadrato. Ma in ogni caso sarà più conforme alla prudenza d'attenersi al minimo risultato delle sperienze medesime, il quale fu di chilog. 610 per centimetro quadrato.

Lo stagno serve di materia per le saldature dei condotti di piombo (§. 489), e delle impiombature nelle vetriere delle finestre (§. 488). Abbiamo veduto altrove come si adoperi nella fabbricazione della latta (§. 436). Oltre di questi lo stagno non ha altri usi, che direttamente appartengano all' arte di fabbricare.

§. 491. Il bronzo è una lega artificiale composta di rame e di stagno in varie proporzioni, con la giunta anche talvolta di qualche quantità di zinco. L' ottone è una mistura artefatta di rame e di zinco. Queste leghe acquistano diversa gravità specifica e diverse graduazioni di colore secondo le varie proporzioni dei componenti. Gli antichi fecero talvolta uso del bronzo per le trabeazioni di magnifici edifizi. L' antico tetto del portico del Panteon era sostenuto da travi di bronzo; e ci racconta Sparziano, che il soffitto piano d' una delle più grandi sale delle terme di Caracalla era intessuto di verghe di bronzo (1). Si servirono pure gli antichi di questo composto metallico in vece del ferro per formarne arpesi, ed altri articoli di collegamento nelle costruzioni in pietra da taglio. La moderna architettura non offre esempi dell' uso del bronzo, dell' ottone, e d' altre leghe metalliche, se non che per oggetti d'adornamento, o di magnificenza. Tuttavia non lasceremo di riferire i risultati d' alcune recenti sperienze intorno alla resistenza dell' ottone.

Secondo i risultati delle sperienze del Rennie la tenacità o resistenza assoluta dell' ottone si può ritenere di chilog. 12,63 per millimetro quadrato, e la resistenza della medesima lega allo schiacciamento, di chilogram. 2335 per centimetro quadrato. Da varie sperienze fatte dal Dufour per riconoscere la tenacità del filo d' ottone si raccoglie che la massima resistenza dei fili crudi è stata di chilog. 85,2, la minima di chilog. 41,4, e la media di chilog. 64,2 per millimetro quadrato. Nei fili biscotti è risultata la massima tenacità di chilog. 41,2, la minima di chilog. 29,6, e la media di chilog. 35,4 parimenti per millimetro quadrato (2).

(1) Borgnis. — *Traité élementaire de construction ec.* Lib. I, cap. IV.
(2) Questi risultati intorno alle resistenze dei metalli e delle leghe sono stati desunti dalla più volte citata opera di Navier. — *Résumé des leçons.* ec.

FINE DEL VOLUME PRIMO.

INDICE DELLE MATERIE

CONTENUTE

NEL PRIMO VOLUME

LIBRO PRIMO

DEI LAVORI DI TERRA

CAPO I.

NOZIONI GENERALI

§. 1. *Definizione e distinzione de' lavori di terra.*
2. *Fini diversi dei tagli e dei riporti di terra.*
3. *Scarpa a cui naturalmente inclinano le terre smosse.*
4. *Dell'equilibrio e della spinta delle terre.*
5. *Coerenza molecolare di cui sono capaci le terre.*
6. *Modo d' eseguire i tagli.*
7. *Regole per l' esecuzione de' tagli.*
8. *Come vadano tracciati sul terreno i lavori.*
9. *Occasioni principali dei lavori di terra nell' architettura.*

CAPO II.

DELLA COSTRUZIONE DEGLI ARGINI

§. 10. *Definizione.*
11. *Distinzione delle varie specie d' argini.*
12. *Figure, e parti degli argini.*
13. *Dichiarazione del tipo d' un argine semplice.*
14. *Tipo d' un argine con solidi addizionali.*
15. *Elementi della buona costituzione degli argini.*
16. *Regole per le dimensioni degli argini.*
17. *Regole per la costruzione dell' arginatura.*

CAPO III.

DELLA DIFESA DEGLI ARGINI

§. 18. *Distinzione delle difese appropriate alle varie specie di minacce.*
19. *Rivestimenti di ripa, o mantellature.*
§. 20. *Piantamenti di verde.*
21. *Paradori, detti anche palafitte, e passonate.*
22. *Dannosi effetti de' paradori.*
23. *Gabbioni, buzzoni, burghe, e gorzi.*
24. *Armature di gabbioni e d' altri così fatti guarnimenti.*
25. *Immersione de' gabbioni.*
26. *Dei moli, e della struttura di essi.*
27. *Forma ed effetto de' moli.*
28. *Dei pennelli.*
29. *Struttura, ed elementi della buona costituzione de' pennelli.*
30. *Situazione de' pennelli.*
31. *Direzione de' pennelli.*
32. *Forma de' pennelli.*
33. *Dimensione de' pennelli.*
34. *Pennelli mobili o ambulanti.*
35. *Degli alberi sommersi, che diconsi ciuffi.*
36. *Impiego de' pennelli.*
37. *Protrazioni di scarpa, e lavori di rosta.*
38. *Descrizione de' lavori di rosta.*
39. *Impianto de' lavori di rosta sott'acqua.*
40. *Pennelli a piani di rosta.*

CAPO IV.

RIPARAZIONI DEGLI ARGINI

§. 41. *Dei vizi degli argini.*
42. *Sconcerti che possono derivare dalla viziosa struttura d' un argine.*
43. *Rimedio ai cali impreveduti degli argini.*
44. *Rimedio alle spaccature degli argini.*
45. *Dei trapelamenti, fontanazzi, e degli opportuni rimedi.*
46. *Delle corrosioni, e come vadano distinte.*
47. *Rimedio alle corrosioni accidentali con lo scarico dell' argine.*
48. *Rimedi alle cagioni delle corrosioni accidentali.*

§. 49. *Delle diversioni d' alveo, e de' ritiri d' argine.*
50. *Regole per fissare la linea del taglio per la diversione d' un fiume.*
51. *Modo d' effettuare il taglio.*
52. *Nuove inalveazioni de' fiumi.*
53. *De' ritiri d' argine.*
54. *Apparecchio d' una coronella.*
55. *Metodo per mettere in azione una coronella.*
56. *Avvertenze generali circa le nuove coronelle.*
57. *Guardia dell' arginature negli alvei incorreggibili.*

CAPO V.

PRESA DELLE ROTTE

§. 58. *Classificazione delle rotte.*
59. *Come si chiudano le rotte della prima classe.*
60. *Malagevolezza del riparo alle rotte della seconda classe.*
61. *Operazioni preparatorie alla presa d' una rotta della seconda classe.*
62. *Determinazione dell' andamento del nuovo argine.*
63. *Impianto del paradore.*
64. *Palificata maestra e contropalificata.*
65. *Concatenamento e rinforzo delle palificate.*
66. *Particolari rinforzi nel castello della rotta.*
67. *Riempimento della cassa, e costruzione dell' argine.*
68. *In che consista il dar la stretta ad una rotta.*
69. *Importanza d' accelerare le operazioni.*
70. *Particolari avvertenze per la solida costruzione, e per la difesa del nuovo argine.*
71. *Ristringimento preliminare delle rotte.*
72. *Esortazione agli studiosi.*

CAPO VI.

DELLE STRADE

§. 73. *Importanza di questo ramo di pubbliche costruzioni.*
74. *Oggetti integranti, e condizioni generali della buona costituzione d' una strada.*
75. *Andamento topografico d' una strada; in che consista.*
76. *Condizioni di solidità nell' andamento d' una strada.*
77. *Condizioni di comodo.*
78. *Sviluppo grafico d' una svolta circolare.*
79. *Sviluppo d' una svolta parabolica.*
80. *Metodo per lo sviluppo a tentone d' una svolta.*
81. *Condizioni di bellezza.*
82. *Condizioni d' economia.*
§. 83. *Determinazione dell' andamento topografico d' una strada in pianura.*
84. *Accidentalità del profilo longitudinale di livellazione d' una strada.*
85. *Massime generali per la buona costituzione del profilo longitudinale.*
86. *Limiti per la pendenza longitudinale.*
87. *Regole per le pendenze longitudinali.*
88. *Condizione del minimo taglio e movimento di terra.*
89. *Rettifili in giacitura costante agli accessi della città.*
90. *Metodo generale per istabilire l' andamento e il profilo longitudinale d' una strada in pianura.*
91. *Metodo per una strada in paese di montagna.*
92. *Sviluppo de' tratti parziali.*
93. *Sviluppi di ripiego.*
94. *Scelta fra varie linee progettate per una nuova strada.*

CAPO VII.

FORMA, STRUTTURA ED ALTRE PERTINENZE DELLE STRADE

§. 95. *Sezioni o profili trasversali.*
96. *Elementi contenuti nel profilo trasversale.*
97. *Della larghezza d' una strada e delle sue divisioni.*
98. *Varie forme del profilo trasversale quanto allo scolo delle acque.*
99. *Importanza della pendenza laterale anche nei tratti longitudinalmente inclinati.*
100. *Limiti dell' inclinazione trasversale.*
101. *Criterio della pendenza trasversale necessaria nei tratti inclinati.*
102. *Risultati analitici dedotti dal predetto criterio.*
103. *Corollari che ne derivano.*
104. *Deduzione del limite della pendenza laterale nei tratti non molto inclinati.*
105. *Deduzione dello stesso limite pei tratti assai inclinati.*
106. *Disegno delle sezioni stradali.*
107. *Fossi portatori.*
108. *Scarpe laterali.*
109. *In che consista la struttura materiale delle strade.*
110. *Delle varie specie di struttura.*
111. *Sistema delle antiche strade romane. Strade a terreno.*
112. *Dell' inghiaiata, e dei materiali di cui si compone.*
113. *Dimensioni e forma dell' inghiaiata.*
114. *Scelta, e depuramento della materia per l' inghiaiata.*
115. *Delle diverse parti dell' inghiaiata. Costruzione della massicciata.*
116. *Costruzione della coperta.*

§. 117. *Struttura delle strade inglesi secondo il sistema detto di Mac-Adam.*
118. *Vantaggi del prefato sistema.*
119. *Selciate dell' antiche strade romane.*
120. *Selciate moderne.*
121. *Pietre adattate per la costruzione delle selciate.*
122. *Della figura e della grandezza da assegnarsi alle pietre.*
123. *Dimensioni adottate in Roma per le pietre da selciata.*
124. *Costruzione delle selciate.*
125. *Guide, rincalzature, mostaccioli.*
126. *Motivi per cui in generale l' inghiaiata è preferibile alla selciata.*
127. *Circostanze particolari che possono rendere preferibile la struttura selciata.*
§. 128. *Tipo del profilo trasversale d' una selciata a culla.*
129. *Pavimenti a grandi lastre.*
130. *Pendenze laterali confacenti alle diverse strutture stradali.*
131. *Impianto delle strade nei luoghi di cattivo fondo.*
132. *Si fa menzione de' ponti.*
133. *Ponti rovesci, e chiavicotti.*
134. *Ripartizione dell' opere accessorie.*
135. *Articoli accessorj di solidità.*
136. *Articoli accessorj di sicurezza.*
137. *Accessorj di comodo.*
138. *Articoli d' abbellimento.*
139. *Manutenzione delle strade.*

LIBRO SECONDO

DEI LAVORI DI LEGNAME E DI FERRO

SEZIONE PRIMA

DELLA PROPRIETA', DELL' APPARECCHIO E DELL' IMPIEGO DEL LEGNAME IN GENERALE

CAPO I.

NOZIONI PRELIMINARI

§. 140. *Distinzione del legname da lavorazione.*
141. *Struttura organica dei fusti e dei rami degli alberi.*
142. *Del cono legnoso.*
143. *Del naturale accrescimento dei fusti e dei rami.*
144. *Principii costitutivi della sostanza legnosa.*
145. *Sono ignoti i mezzi di cui la natura si vale per lo sviluppo delle piante.*
146. *Proprietà principali del legname da costruzione.*
147. *Si manifestano in diverso grado nelle varie specie di legni.*
148. *Dichiarazione intorno al seguente catalogo.*

CATALOGO ALFABETICO

Delle principali specie d' alberi indigene, e d' alcune specie esotiche coltivate nell' Italia, dalle quali si trae legname lavorativo, adattato ai diversi usi architettonici.

CAPO II.

PROPRIETA' DEL LEGNAME DA COSTRUZIONE

§. 149. *Assunto.*
150. *Grandezza dei fusti e de' rami arborei.*
151. *Limiti di grandezza dedotti dalle osservazioni.*
152. *Del peso specifico dei legni.*
§. 153. *Metodi per l' esplorazione del peso specifico.*
154. *Confronto dei due metodi.*
155. *Risultati delle esplorazioni.*
156. *Della forza del legname, e delle varie specie in cui si distingue.*
157. *Della resistenza assoluta.*
158. *Anomalie mostrate dalle sperienze.*
159. *Formole meccaniche per la resistenza rispettiva.*
160. *Confronto della teoria coi risultati dell' esperienze.*
161. *Come i risultati medj dell' esperienze si rendano utili nella pratica.*
162. *Avvertenze intorno al significato delle formole meccaniche.*
163. *Regole per la valutazione della resistenza rispettiva de' legni nelle fabbriche.*
164. *Formole meccaniche per la resistenza dei legni alla compressione.*
165. *Risultati delle sperienze del Girard sui legni di querce e d' abete.*
166. *Risultati dell' esperienze di Perronet sopra altre specie di legni.*
167. *Si spiega la discordanza de' risultati d' alcune sperienze.*
168. *Come debba valutarsi la resistenza de' legni alla compressione nelle fabbriche.*
169. *Resistenza de' legni grossi e corti allo schiacciamento.*
170. *Resistenza de' legni alla compressione locale.*
171. *Flessibilità del legname.*
172. *Formole per la valutazione della flessibilità de' legni.*
173. *Durevolezza del legname, e cause contrarie.*
174. *Putrefazione del legname e circostanze dalle quali deriva.*

§. 175. *Combustibilità del legno.*
176. *Tarlatura del legname.*
177. *Consunzione de' legni per l' attrito.*
178. *Movimenti dannosi che derivano dall' alternative dell' umido e del secco nel legname.*
179. *Della lavorabilità del legname.*
180. *Pregi ed usi particolari d' alcune specie di legname.*
181. *Dei vizi del legname.*
182. *Importanza delle premesse cognizioni.*

PROSPETTO

Delle proprietà architettoniche del legname prodotto dalle diverse specie d' alberi annoverate nel catalogo posto in seguito del capitolo primo.

CAPO III.

TAGLIO DEL LEGNAME

§. 183. *Operazioni e condizioni del taglio del legname.*
184. *Riguardi da aversi nell' atterramento degli alberi.*
185. *Epoca opportuna dell' atterramento relativamente alle piante.*
186. *Epoca più adattata per l' atterramento relativamente alla stagione.*
187. *Scortecciamento degli alberi da atterrarsi, e suoi vantaggi.*
188. *Lo scortecciamento è di pregiudizio alla flessibilità del legname.*
189. *Vari metodi per l' effettivo atterramento degli alberi.*
190. *Taglio de' fusti per l' apparecchio del legname d' assortimento.*
191. *Classificazione del legname d' assortimento.*
192. *Assortimenti usitati nelle piazze di Roma e di Venezia.*

TABELLA I.

Denominazioni e dimensioni del legname d' assortimento per la piazza di Roma.

TABELLA II.

Denominazioni e dimensioni del legname d' assortimento per la piazza di Venezia.
§. 193. *Pezzi di particolari configurazioni.*
194. *Squadratura dei fusti.*
195. *Squadratura de' fusti ricurvi.*
196. *Squadratura a filo vivo.*
197. *Come si predispongono i fusti per la segatura a filo.*
198. *Pratica francese per la segatura a filo nei boschi.*
199. *Pratica inglese per la segatura a filo negli arsenali.*
200. *Condizioni di massimo che possono occorrere nelle squadrature dei fusti.*
§. 201. *Squadratura d' un fusto per ricavarne travi di massima resistenza.*
202. *Squadratura d' un fusto con la condizione del massimo volume.*
203. *Soluzione dei due problemi nel caso d' un fusto a base elittica.*
204. *Gli stessi problemi applicati ad un fusto conico.*
205. *Squadratura d' un fusto conico per ricavarne la trave di massimo volume.*
206. *Metodi di segatura che producono maggior quantità di legname.*
207. *Altro vantaggio dei predetti metodi.*

CAPO IV.

TRASPORTO E CONSERVAZIONE DEL LEGNAME

§. 208. *Assunto.*
209. *Importanza di sollecitare l' estrazione del legname dalle foreste.*
210. *Vantaggi della consuetudine inglese d' asportare dai boschi i fusti greggi.*
211. *Vari modi d' eseguire il trasporto del legname.*
212. *Della fluitazione del legname.*
213. *Trasporto nell' acqua per mezzo di zattere, o di barche.*
214. *Diverse maniere di custodire il legname.*
215. *Conservazione del legname in luogo scoperto.*
216. *Conservazione del legname ne' magazzini.*
217. *Vantaggi del tenere il legname immerso nell' acqua.*
218. *Pregiudizj che contrae il legname immerso.*
219. *Conseguenza intorno alla convenienza dell' immersione del legname.*

CAPO V.

INCURVAMENTO ARTIFICIALE DEL LEGNAME

§. 220. *In che consista l' artificio d' incurvare il legname.*
221. *Il fuoco e l' acqua, ammollendo il legno, lo predispongono all' incurvamento.*
222. *Ammollimento del legname per la semplice azione del fuoco.*
223. *Delle azioni combinate del fuoco e dell' umido*
224. *Incurvamento effettivo del legname ammollito.*
225. *Incurvamento dei fusti degli alberi viventi.*
226. *Indurimento del legno per mezzo del fuoco e della compressione.*

CAPO VI.

COLLOCAMENTO DEL LEGNAME IN OPERA

§. 227. *Distinzione de' membri di qualunque sistema secondo gli uffici loro.*

§ 228. *Spiegazione per mezzo d' un esempio.*
229. *Del collocamento in generale dei membri delle varie classi.*
230. *Collocamento dei membri di resistenza assoluta.*
231. *Regole pel collocamento dei membri di resistenza rispettiva.*
232. *Si dà ragione delle prefate regole.*
233. *Collocamento de' membri di resistenza assoluta negativa.*
234. *Riguardi da aversi nell' impiego, e nel collocamento de' pali.*
235. *Regole che ne derivano.*
236. *Ordine da tenersi nella formazione delle palificate.*
237. *Collocamento de' membri ausiliari di resistenza.*

CAPO VII.

CONGIUNZIONI DEL LEGNAME

§. 238. *Distinzione delle varie sorte di congiunzioni.*
239. *Come si rendano stabili le congiunzioni.*
240. *Si riferiscono alcune forme d' armature, o composizioni del primo genere.*
241. *Avvertenze intorno alla struttura delle prefate armature.*
242. *Modelli di giunture, o composizioni del secondo genere.*
243. *Modelli di composizioni miste, o riunioni.*
244. *Maniere più usitate di connessioni.*
245. *Avvertenze sugli addotti modelli.*
246. *Legami delle connessioni.*
247. *D' alcune bizzarre connessioni.*
248. *Facilitazione d' alcune connessioni per l' ammollimento del legno.*

CAPO VIII.

PRESERVAZIONE DEL LEGNAME

§. 249. *Preservativi che guarentiscono la durevolezza del legname.*
250. *Degli effetti dell' abbrostitura del legname contro i danni dell' umidità.*
251. *Degli intonachi resinosi ed oleosi per difendere i legni dall' umido.*
252. *Preservativi contro la combustione del legname.*
253. *Involucri di latta.*
254. *Delle conce saline.*
255. *Degl' intonachi o smalti incombustibili.*
256. *Si conclude sull' efficacia degli esposti preservativi.*
257. *Preservativi contro il tarlo.*

SEZIONE SECONDA

USI PARTICOLARI DEL LEGNAME NELL' ARCHITETTURA

CAPO IX.

DEGLI ASSITI E DE' SOLAI

§. 258. *Degli assiti, e a quali usi si adoperino.*
259. *Struttura degli assiti ordinari.*
260. *De' solai ordinari, e condizioni da cui dipende la stabilità di essi.*
261. *Equazione generale della stabilità d' un solaio ordinario.*
262. *Modo di valersene per la determinazione del numero e della riquadratura de' travicelli.*
263. *Applicazione ad un esempio.*
264. *Massima lunghezza in cui possono impiegarsi i travicelli di data riquadratura.*
265. *Formola per determinare il vero numero, e l' intervallo de' travicelli.*
266. *Uso delle travi ne' solai.*
267. *Disposizione e concatenazione de' membri d' un solajo.*
268. *De' solai destinati a sopportare pesi straordinari.*
269. *Uso delle travi armate ne' solai.*
270. *Uso de' saettoni in rinforzo de' solai.*
271. *Problema della collocazione più vantaggiosa d' un saettone.*
272. *Continuazione della medesima ricerca.*
273. *Illazioni particolari.*
274. *Della collocazione di due o più saettoni.*
275. *Composizione de' solai con travi corte.*
276. *Solai composti di semplici tavole.*

CAPO X.

TETTI O COPERTI DELLE FABBRICHE

§. 277. *Idea generale de' coperti.*
278. *Costituzione geometrica, e distinzione de' coperti.*
279. *Forma di un tetto a due falde.*
280. *Struttura ordinaria del tetto a due falde.*
281. *Incavallature semplici.*
282. *Incavallature con membri ausiliari.*
283. *Sistema generale per le grandi incavallature.*
284. *Incavallature del coperto della basilica di S. Paolo.*
285. *Armatura del tetto della gran piazza d' armi coperta di Mosca.*
286. *Dei vari generi di coperture.*
287. *Coperture d' ardesia usitate in Parigi.*
288. *Coperture di tegole maritate.*
289. *Coperture di soli canali, di tegole fiamminghe, e di sole tegole piane.*
290. *Condizioni generali per la buona costituzione de' coperti.*
291. *Inclinazione de' coperti.*

TABELLA

Delle inclinazioni da assegnarsi ai coperti di varia struttura nelle diverse capitali dell' Europa, e nelle città principali dell' Italia.

§. 292. *Che l'ordinarie incavallature non ispingono orizzontalmente i muri.*
293. *Sistema d' un' incavallatura senza catena.*
294. *Altro sistema d' incavallatura senza catena.*
295. *Dimensioni e disposizioni de' membri nell' armature de' coperti.*
296. *Pratiche romane per l' armature de' coperti.*
297. *Disamina di dette pratiche.*
298. *Continuazione della disamina.*
299. *Conati che agiscono contro i vari membri dell' armatura.*
300. *Conclusione della disamina.*
301. *Vantaggio dell' incavallature pel concatenamento de' muri.*
302. *Armatura del coperto ad una sola falda.*
303. *Armature del coperto a quattro falde; a padiglione.*
303. *Armatura de' coperti piramidali a base quadrata.*
305. *Del corso di due coperti.*
306. *Coperto sopra una fabbrica di base trapezia.*
307. *Coperto sopra una base quadrilatera irregolare.*
308. *Dell' armature dei tetti a cupola.*
309. *Dei displuvi e de' compluvi.*
310. *Delle grondaie, e de' condotti di stillicidio.*

CAPO XI.

DE' PONTI DI LEGNAME

§. 311. *Condizioni generali della buona costituzione de' ponti.*
312. *Scelta della situazione.*
313. *Come le varie maniere di ponti debbano adattarsi alle circostanze dei luoghi.*
314. *Quali sieno le parti di un ponte di legname in generale.*
315. *Distribuzione e dimensioni principali d' un ponte.*
316. *Si distinguono i ponti di legname in due classi.*
317. *Palate dei ponti a semplice impalcatura.*
318. *Come si possono fare di due pezzi le colonne delle palate assai alte.*
319. *Quale sia il metodo francese per lo scopo anzidetto.*
320. *Speroni, e pali guardiani.*
321. *Varie disposizioni delle travate.*
322. *Del massimo carico cui i ponti son destinati a sopportare.*
§. 323. *Considerazioni generali intorno ai ponti a castello.*
324. *Sistema dei ponti di Sciaffusa, e di Wettingen.*
325. *Sistema dei ponti di Berna.*
326. *Sistema d' un ponte proposto dal Gauthey.*
327. *Sistema del Palladio nel ponte sul fiume Cismone.*
328. *Sistema del Perronet.*
329. *Sistema dei ponti ad arconi. Ponti del Wiebeking.*
330. *Dettagli, e considerazioni intorno a quest' ultimo sistema.*
331. *Della spinta dell' armatura contro i piedritti.*
332. *Cedimento dell' armature.*
333. *Delle palate de' ponti a castello.*
334. *Struttura de' palchi ne' ponti.*
335. *Altra maniera di struttura.*
336. *Paraghiaia, e contro coperta.*

CAPO XII.

DEI PONTI MOBILI

§. 337. *Si distinguono i ponti ambulanti ed i ponti levatoi.*
338. *De' ponti ambulanti.*
339. *Si distinguono le varie specie di ponti levatoi.*
340. *De' ponti levatoi propriamente detti.*
341. *Meccanismi che possono sostituirsi al bilico pel movimento dei predetti ponti.*
342. *Disposizione generale de' ponti in bilico.*
343. *Ponte in bilico del canale dell' Ourcq.*
344. *Difetto comune ai ponti levatoi e ai ponti in bilico. Ripiego di Lamblardie.*
345. *Inconvenienti propri de' ponti in bilico.*
346. *Descrizione d' un ponte girante del Belidor.*
347. *Falconi e saettoni di sostegno ne' ponti giranti.*
348. *Imperfezione de' ponti predetti.*
349. *Ponte girante del De Cessart.*
350. *Ponti giranti e galleggianti.*
351. *Dei ponti scorritoi.*
352. *Difetti de' ponti scorritoi, e perfezionamenti proposti.*
353. *Condizioni meccaniche per la buona costituzione de' ponti scorritoi.*

CAPO XIII.

DELLE CHIUSE E DELLE DIGHE DI LEGNAME

§. 354. *Definizione, uffizi, e distinzioni delle chiuse.*
355. *Delle chiuse stabili dette anche stramazzi e pescaie.*
356. *Forma e struttura delle chiuse stabili di legname.*
357. *Delle chiuse ammovibili, e come si distinguono.*

§. 358. *Delle paratoie, e delle travate.*
359. *Disposizioni delle porte nelle chiuse.*
360. *Vantaggiose applicazioni delle porte.*
361. *Struttura ed arredi delle porte d' una chiusa.*
362. *Forme particolari dei membri principali delle porte.*
363. *Forma e disposizioni dei cardini.*
364. *Vantaggio dell' angolo delle porte.*
365. *Esame degli effetti che derivano dai diversi valori di detto angolo.*
366. *Continuazione dello stesso esame.*
367. *Deduzione intorno alla spinta sentita dagli stipiti e dai cardini.*
368. *Conseguenze dell' istituita disamina.*
369. *Dimensioni e distribuzione dei membri delle porte.*
370. *Formola generale per la riquadratura delle traverse.*
371. *Esempio.*
372. *Uso dei diagonali e delle traverse oblique.*
373. *Delle porte ricurve.*
374. *Artifizi pel maneggio delle porte.*
375. *Dei portelli e delle porte giranti.*
376. *Delle dighe di legname.*
377. *Palificate all' imboccature de' porti a canale.*
378. *Delle rive di scalo fabbricate di legname.*

CAPO XIV.

USI DEL LEGNAME NELLE FONDAZIONI DE' MURI

§. 379. *Motivi dai quali nasce l' impiego del legname nelle fondazioni.*
380. *Palificazioni pel consolidamento del fondo.*
381. *Delle graticole, o zatteroni di fondazione.*
382. *Modo di prevenire gl' irregolari abbassamenti de' zatteroni predetti.*
383. *Incassamento del fondo per impedirne le laterali dilatazioni.*
384. *Impianto de' muri sopra un fondo sodo immediatamente, o mediante una palificazione.*
385. *Modo di costruire cotale palificazione, e la piattaforma.*
386. *Come queste operazioni si possano eseguire nell' acqua.*
387. *Costruzione e mettitura in opera della piattaforma.*
388. *Dell' uso de' cassoni.*
389. *Della struttura generale dei cassoni.*
390. *Fondazione sopra una serie di cassoni.*
391. *Struttura del fondo de' cassoni.*
392. *Cassoni adoperati nella fondazione d' una riva murata al porto di Tolone.*
393. *Disposizione de' cassoni sopra una palificazione.*
§. 394. *Unione de' fianchi al fondo del cassone, e artifizio per distaccarli.*
395. *Discesa de' cassoni nell' acqua.*
396. *Espediente del De Cessart per varare i cassoni al ponte di Saumur.*
397. *Metodo che si tenne nelle fondazioni dei nuovi ponti di Parigi.*
398. *Altro metodo adoperato nella fondazione della forma di Tolone.*
399. *Rinforzi interni per assicurare i cassoni mentre vengono varati.*
400. *Metodi per supplire alla discontinuazione de' muri costrutti entro vari cassoni.*

CAPO XV.

DELL' USO DEL LEGNAME IN ALCUNI LAVORI PROVVISIONALI

§. 401. *Carattere, e condizioni de' lavori provvisionali.*
402. *Enumerazione delle varie specie di lavori provvisionali.*
403. *Dei ponti di servizio.*
404. *Struttura ordinaria dei ponti di servizio nell' Italia.*
405. *Ponti di servizio pensili.*
406. *Ponti di servizio girovaghi.*
407. *Ponti di servizio per le costruzioni idrauliche.*
408. *Costruzione delle ture pei recinti a stagno.*
409. *Grossezza necessaria alle ture.*
410. *Delle ture fondali.*
411. *Stagni galleggianti a cassone.*
412. *Uso delle paraüe.*
413. *Descrizione d' una paraüa, di cui si fece uso al porto di Sinigaglia.*
414. *Uffici dell' armature o centinature delle volte.*
415. *Disposizione generale della centinatura d' una volta a botte.*
416. *Delle centine di tavole per le volte di leggera struttura.*
417. *Delle centine per le pesanti volte di picciola apertura.*
418. *Sistemi per le centine delle volte di maggiore ampiezza.*
419. *Sistema delle centine a catena.*
420. *Sistema di Perronet.*
421. *Paragone dei due riferiti sistemi.*
422. *Di due altri sistemi di centine addotti dal Navier.*
423. *Concatenazione delle centine.*
424. *Centinature a sostegni verticali.*
425. *Delle dimensioni da assegnarsi ai membri delle centinature.*
426. *Centinature dell' altre specie di volte.*
427. *Delle puntellature.*

SEZIONE TERZA

DELLE QUALITA' E DEGLI USI ARCHITETTONICI DEL FERRO E DI ALCUNI ALTRI METALLI

CAPO XVI.

DELLA PROPRIETA', DELL' APPARECCHIO E DEGLI USI PIU' COMUNI DEL FERRO

§. 428. *Utilità del ferro nell' arte di fabbricare.*
429. *Caratteri naturali del ferro.*
430. *Fusione del minerale.*
431. *Del ferro fuso, che dicesi anche ghisa.*
432. *Delle varie specie di ghisa.*
433. *Segatura della ghisa.*
434. *Dell' affinamento e dell' apparecchio del ferro alla fucina.*
435. *Dell' assortimento delle verghe metalliche in commercio.*

TABELLA I.

Assortimento ordinario del ferro lavorato in verghe cilindriche proveniente dalle ferriere dello Stato Romano.

TABELLA II.

Assortimento ordinario del ferro lavorato in verghe prismatiche rettangolari proveniente dalle ferriere dello Stato Romano.

§. 436. *Lamiera, e filo di ferro.*
437. *Delle varie specie di ferro da fucina.*
438. *Dell' azioni del fuoco e del maglio nell' affinazione del ferro.*
439. *Avvertenze intorno all' apparecchio del ferro.*
440. *Dell' acciaio.*
441. *Della resistenza del ferro.*
442. *Risultati dell' esperienze circa la resistenza assoluta del ferro.*
443. *Particolari osservazioni intorno alla resistenza assoluta del filo di ferro.*
444. *Risultati dell' esperienze circa la resistenza rispettiva del ferro.*
445. *Resistenza del ferro alla compressione.*
446. *Resistenza allo schiacciamento de' ferri grossi e corti.*
447. *Come diminuisce la resistenza del ferro per lungo esercizio.*
448. *Come debba valutarsi la resistenza assoluta del ferro nelle costruzioni.*
449. *Come la resistenza rispettiva.*
450. *Come la resistenza alla compressione.*
451. *Dell' ossidazione del ferro, e de' preservativi contrari.*
452. *Avvertenze sulla ossidabilità del ferro.*
453. *Della lavorabilità del ferro.*
454. *Usi diversi del ferro fuso.*
455. *Distinzione de' vari usi del ferro di fucina nelle fabbriche.*
§. 456. *Dei ferramenti di ritegno.*
457. *Resistenza dei predetti ferramenti.*
458. *Alterazioni prodotte nei medesimi dai cangiamenti della temperatura.*
459. *Ferramenti di collegamento. Leghe ed arpesi.*
460. *Perni o chiavarde di ferro.*
461. *Delle caviglie e de' chiodi.*
462. *Ribaditura de' chiodi. Caviglie a barbone.*
463. *Resistenza de' chiodi all' estrazione.*
464. *De' ferramenti di riparo.*
465. *De' ferramenti di guernimento.*
466. *Macchine e strumenti di ferro.*

CAPO XVII.

D' ALCUNI PIU' PARTICOLARI E PIU' SEGNALATI USI DEL FERRO

§. 467. *Preliminare enumerazione di tali usi del ferro.*
468. *Dell' armature di ferro pe' solai.*
469. *Dell' armature di ferro pe' coperti.*
470. *Altro sistema dello stesso genere.*
471. *Vantaggi delle prefate armature.*
472. *Notizie preliminari intorno ai ponti di ferro.*
473. *Si distinguono tre diverse specie di ponti di ferro.*
474. *De' ponti di ferro a castello.*
475. *De' ponti di ferro ad arcate.*
476. *Paragone dei ponti di ferro della prima e della seconda specie.*
477. *Origine e progressi della moda dei ponti pensili di ferro.*
478. *Ponte di King' s-Meadows.*
479. *Ponte di Dryburg.*
480. *Gran ponte di Bangor.*
481. *Differenze essenziali nella disposizione de' ponti pensili.*
482. *Vantaggi propri di questa sorta di ponti.*
483. *Imperfezioni de' ponti medesimi.*
484. *Notizie elementari intorno alle strade a rotaie di ferro.*
485. *Vantaggi di questa sorta di strade.*

CAPO XVIII.

DELLE PROPRIETA' NEGLI USI ARCHITETTONICI D' ALCUNI ALTRI METALLI

§. 486. *Quali altri metalli oltre il ferro sieno adoperati nell' arte di fabbricare.*
487. *Del rame.*
488. *Del piombo.*
489. *Dei tubi di piombo per le condotture.*
490. *Dello stagno.*
491. *Del bronzo e dell' ottone.*

Fig. 1.
G R H
A B C D E F P Q I K
L M N O
Fig. 2.
X G H
E F
I K L M N O
A B C D R
S T U P Q
Fig. 4.
C B A
Fig. 3.

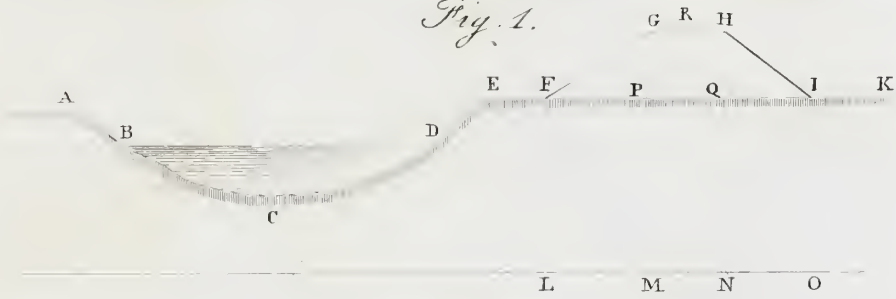
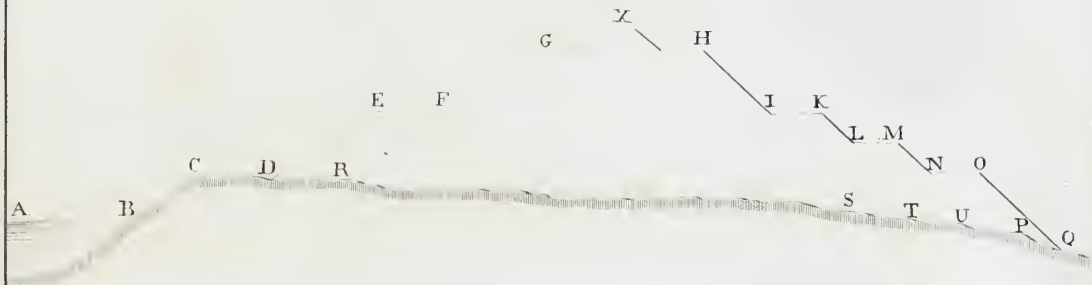



Fig. 5
C
B
M
N
A
Fig. 6.
A
D
E
I
G
H
K
F
C
B
Z
C
Fig. 8.
c
F
b
a
E
B
α
β
D
γ
A
X
Fig. 7
A
C
C
B
D
D
A
B
E
E
F
F
G
G
G
A
B

Fig. 10.
P
H
F
G
D
E
B
C
A
Fig. 9.
B
a
b
E
D
F
c
C
A
X
Z
Fig. 11.
B
B
C
E
X
D
A
O
Z
Fig 13.
D
M
H
K
N
B
E
A
F
C
G
Fig. 12.
D
B
A
C
Z

Fig. 14.
A
A
A
A
Fig. 17.
A
M B
C
D M
A
N
N
Fig. 15.
A
A
B
B
Fig. 19.
Fig. 16.
A
B
C
B
A
Fig. 18.
X
N
B
O
A
M
H
Z
Q
P

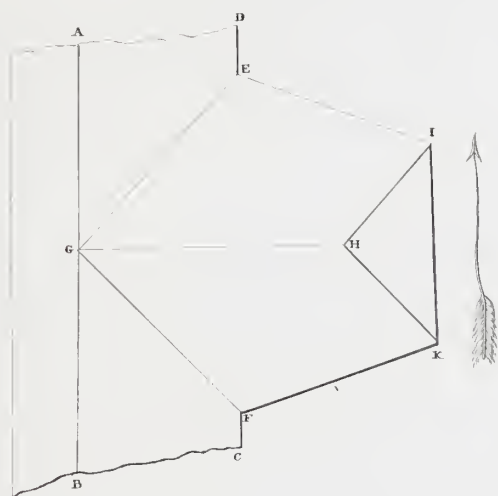
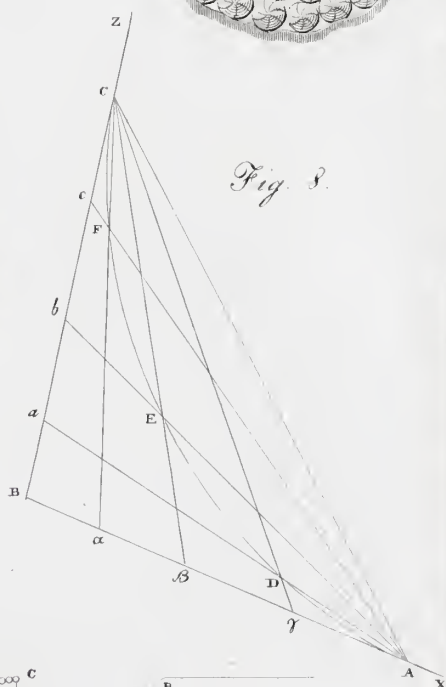



Fig. 20.
A
L
A
D
a
n
M
N
a
d
c
b
B
C
X
Z
H
P
Fig. 21.
M
B
N
A
C
b
m
n
a
c
Fig. 22
A
F
F
L
S
P
C
A
T
L
Fig. 23.
A
P
N
D
H
K
L
X
C
Q
M
B

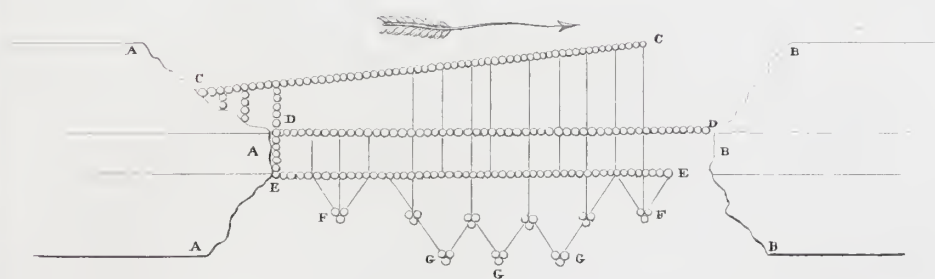
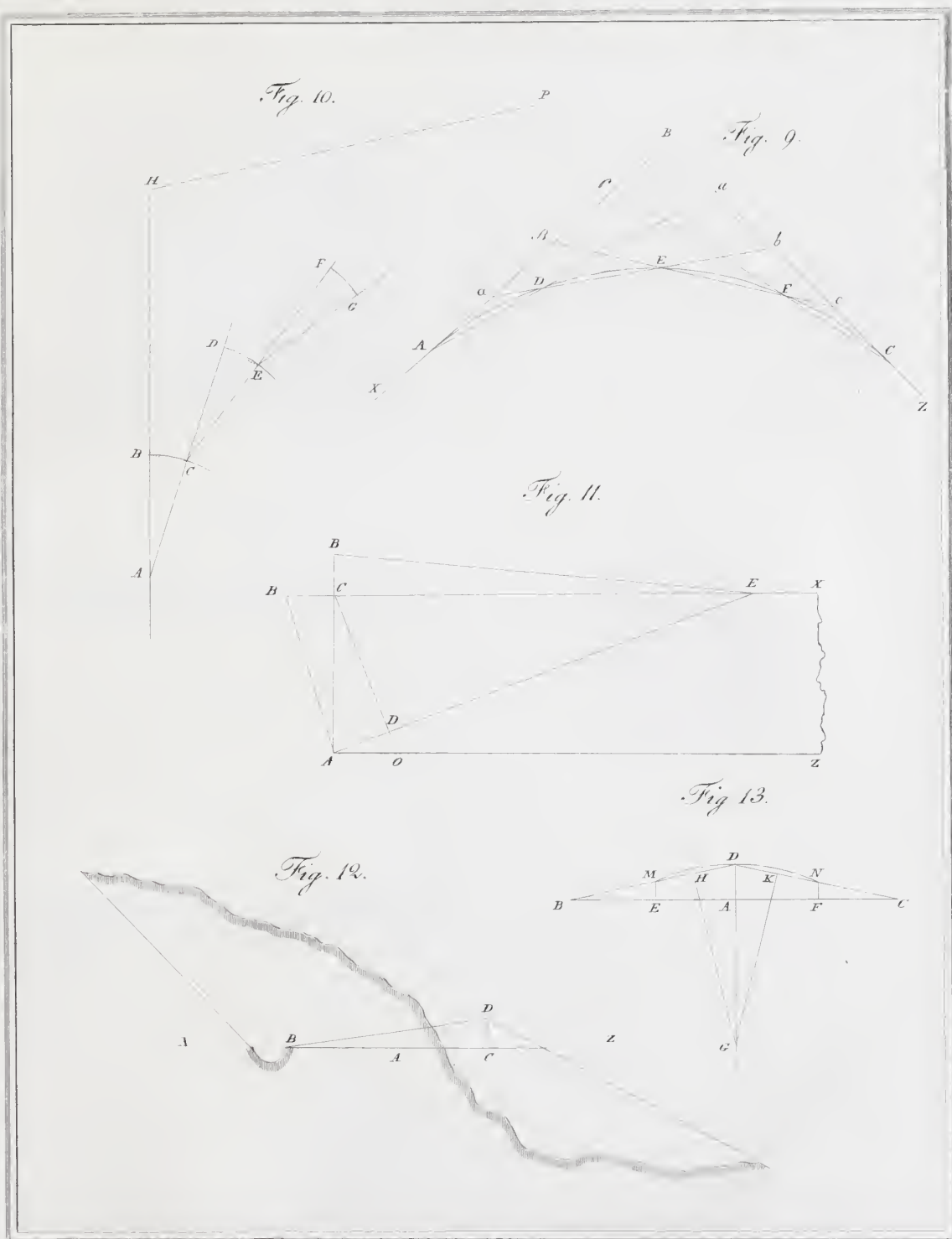
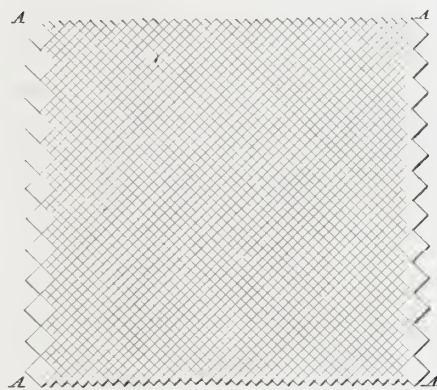
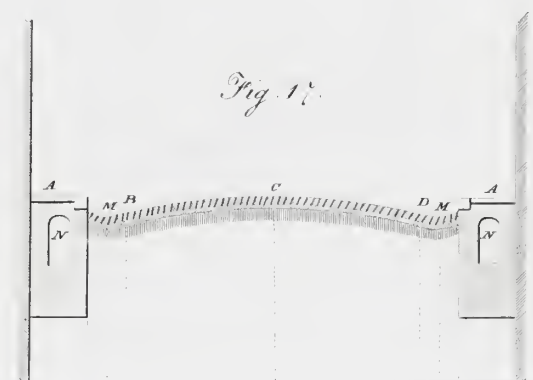
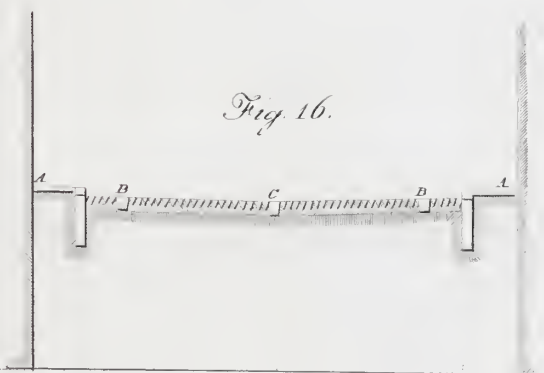
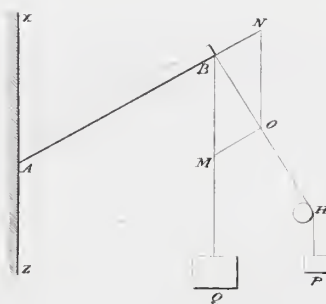
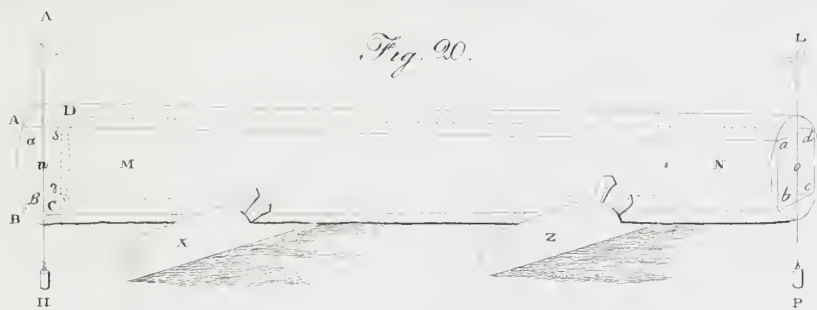
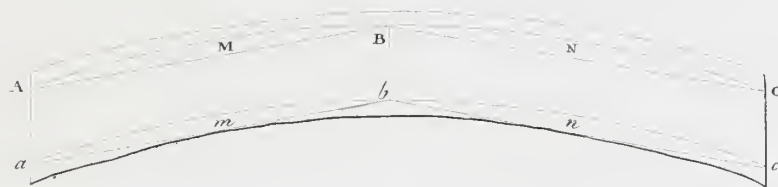
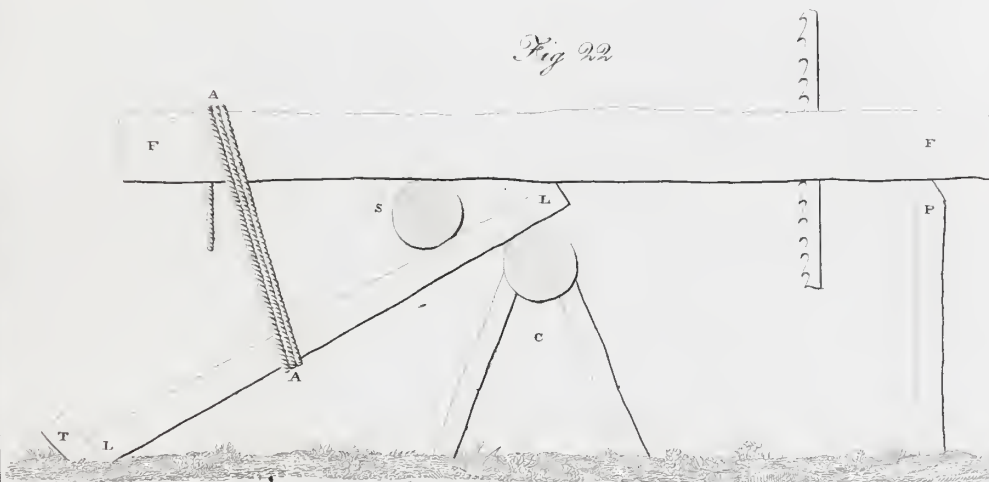
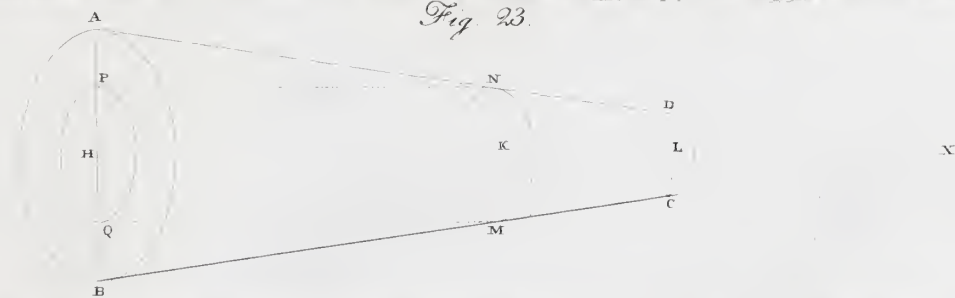
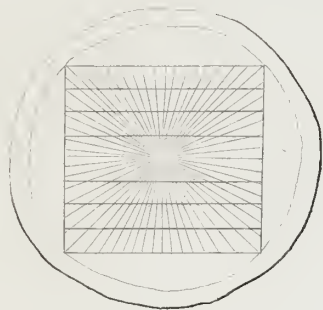
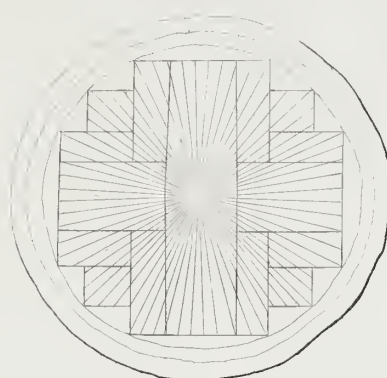



Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 27.
Fig. 26.
Fig. 30.
Fig. 28.
Fig. 29.
T
A
B
D
C
E
F
G
H
a
c
P

Fig 31.

Fig 32.

Fig 33.

Scala di un Decametro

1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

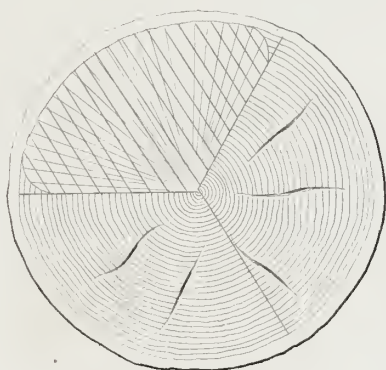
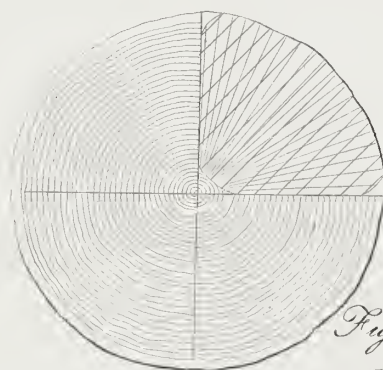
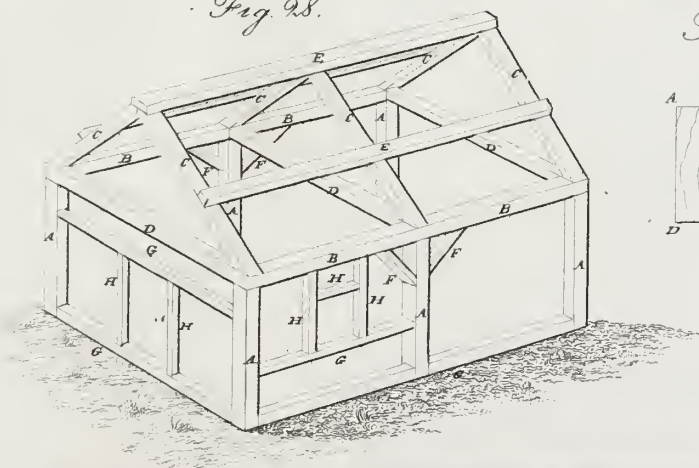
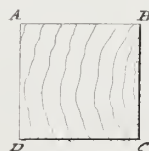
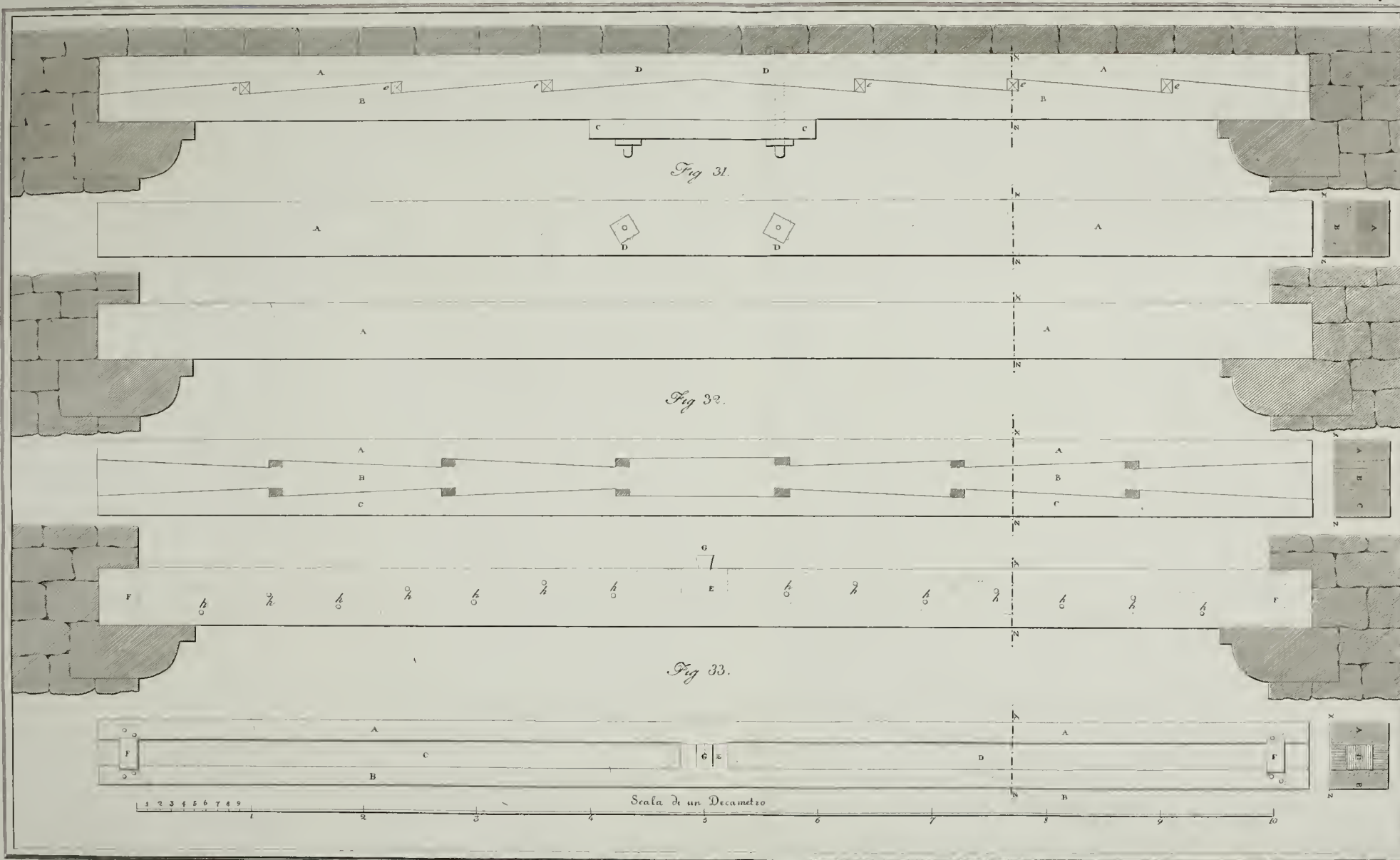
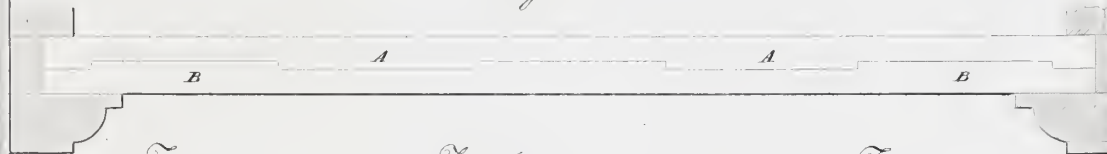
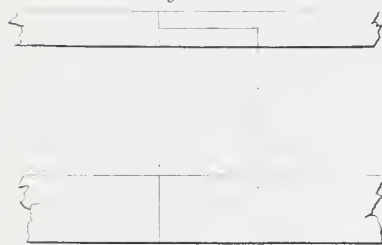
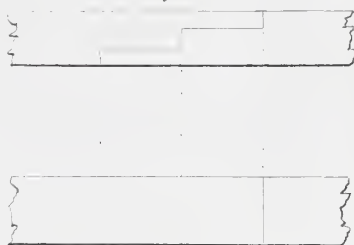



Fig. 35.
A
A
B
B
Fig. 34.
Fig. 36
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 42.

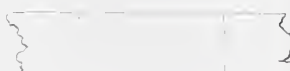
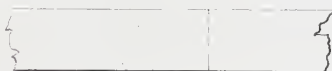
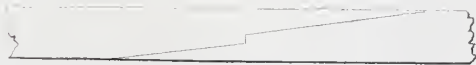



Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.

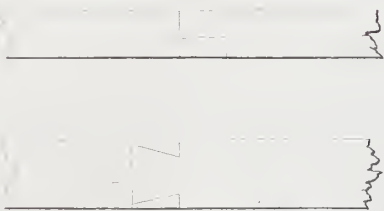
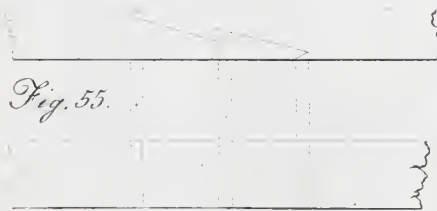
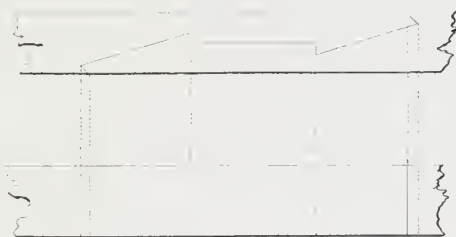
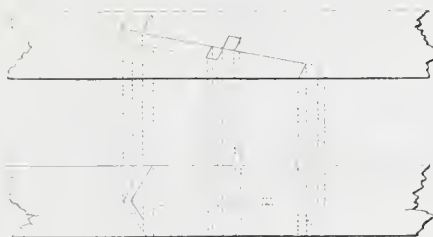
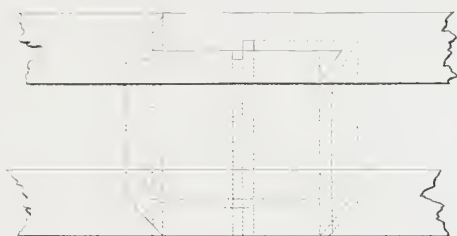



Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 62.

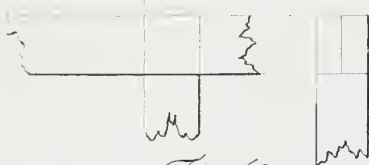
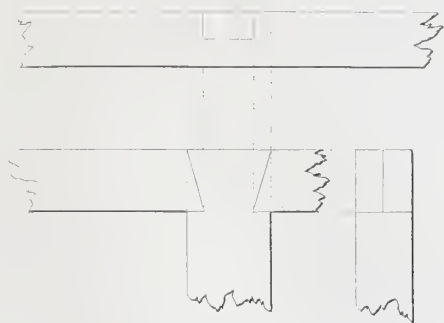
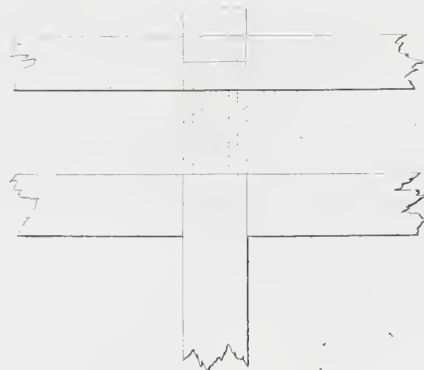



Fig. 63.
Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.

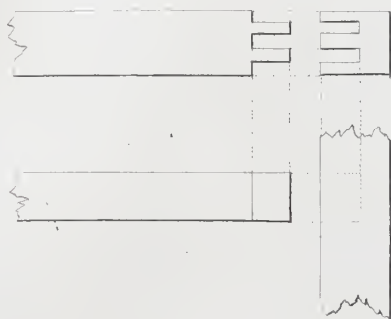
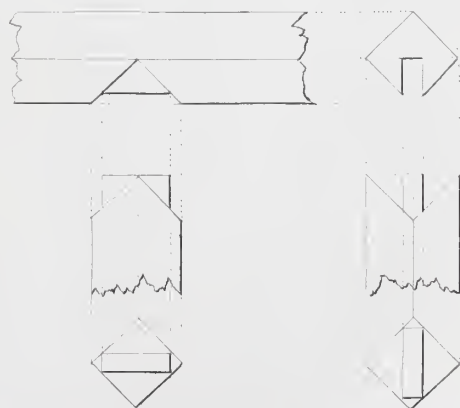
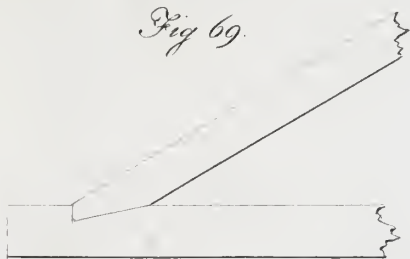
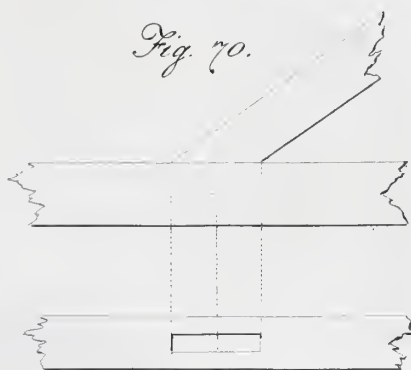



Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Fig. 73.
Fig. 74.

Fig. 75.
Y
Y
Y
Z
Fig. 76.
a
a
a
a
a
a
Fig. 77.
Fig. 78.
T
d
d
P
P
d
d
T
Fig. 79.
T
P
C
P
T
T
T
C
C
S
S
Fig. 80.
F
K
E
A
C
B
Fig. 81.
D
M
N

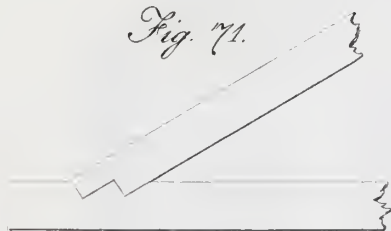
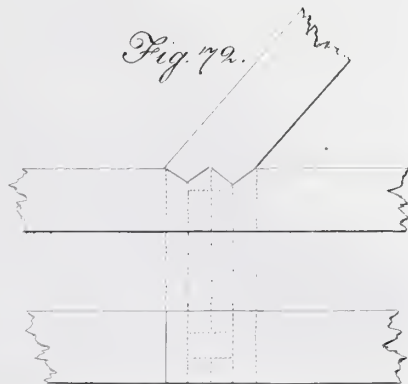
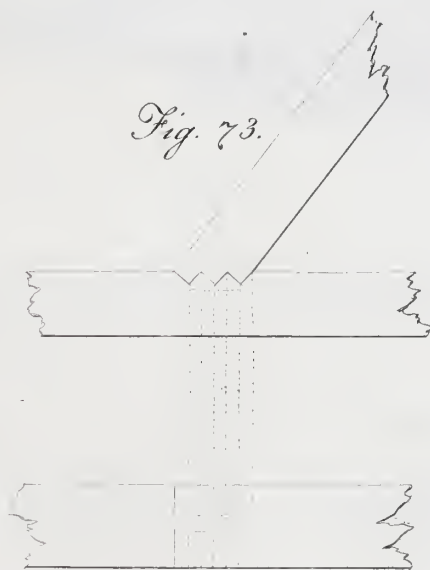
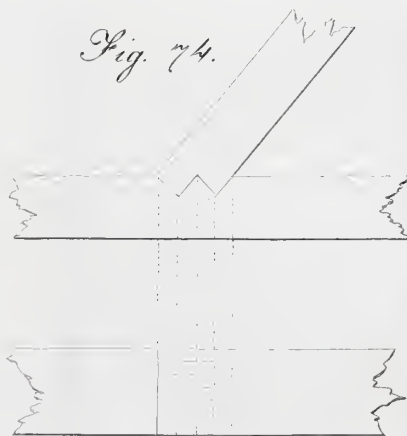
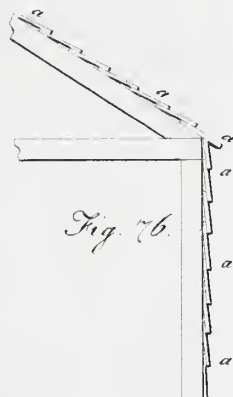
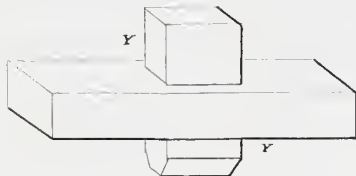
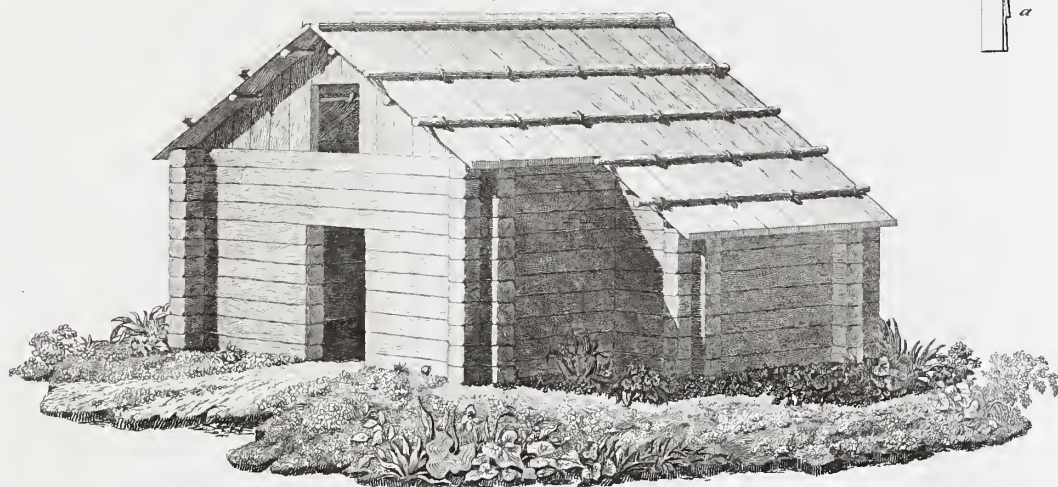
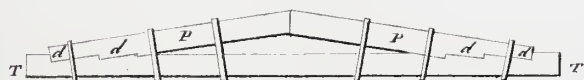
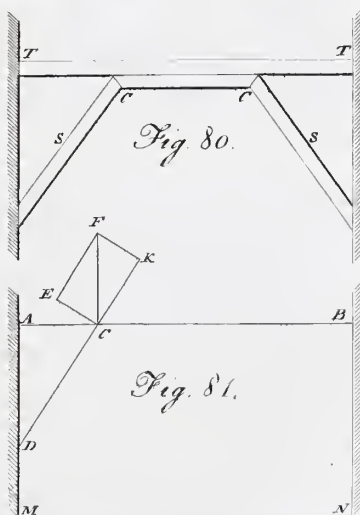
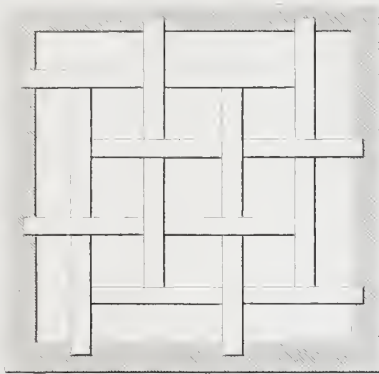
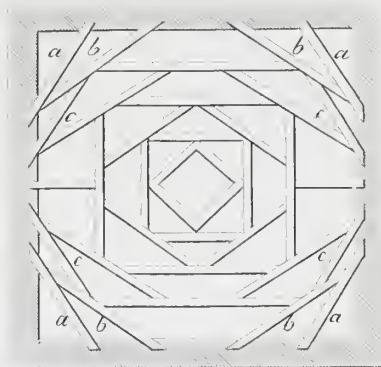
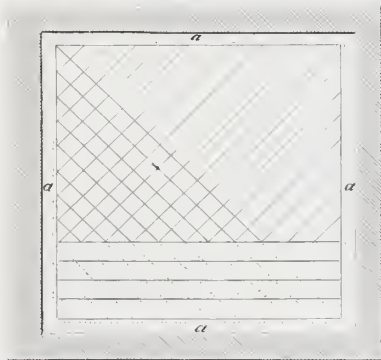
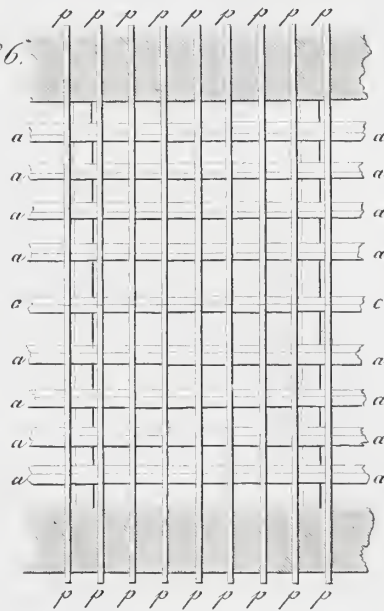
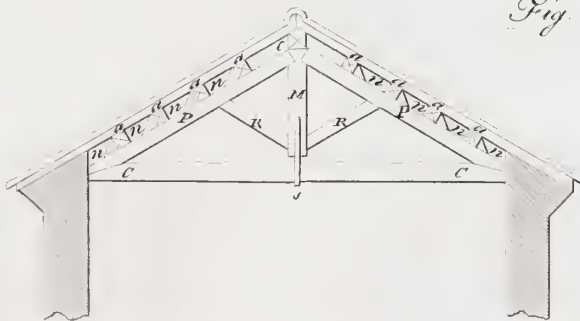
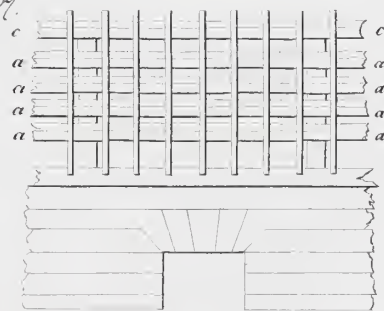



Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87.

Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90.
K
K
S
S
C
C
Fig. 91.
M
P
P
R
R
S
S
C
C
s E
E s
Fig. 92.
M
R
R
K
K
P
P
S
S
N
N
R
R
R
R
C
C
E
E

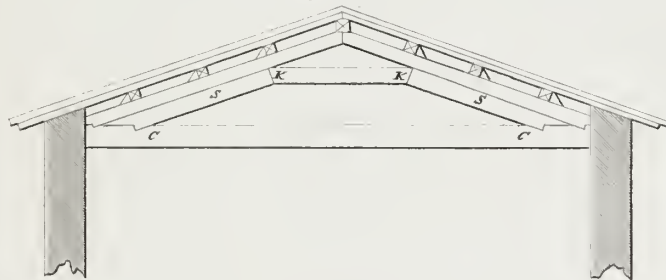
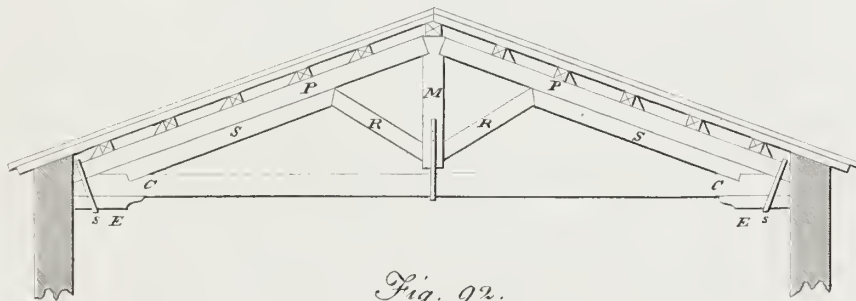
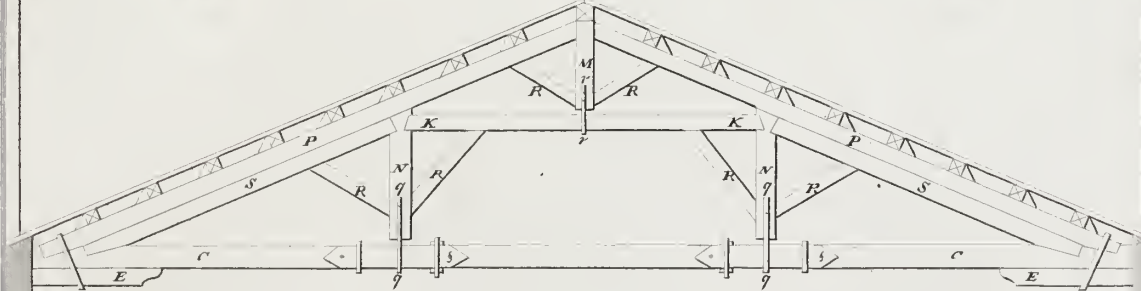
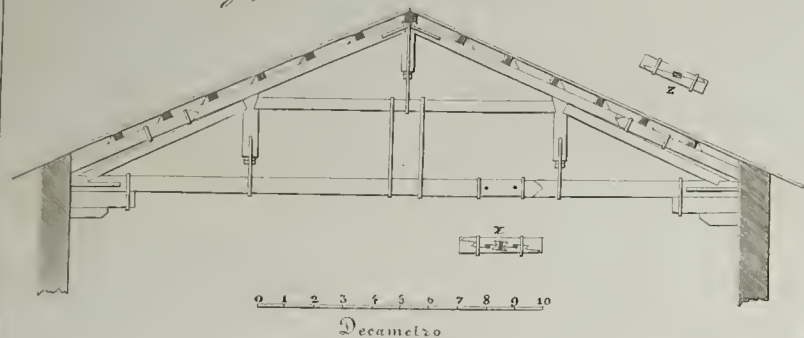



Fig. 93.
Z
Y
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro
Fig. 95.
P
A
S
O
C
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro
Fig. 94
0 5 10
Decametro
Fig. 96
P
A
O
S S
C C
Fig. 97.
Fig. 98.

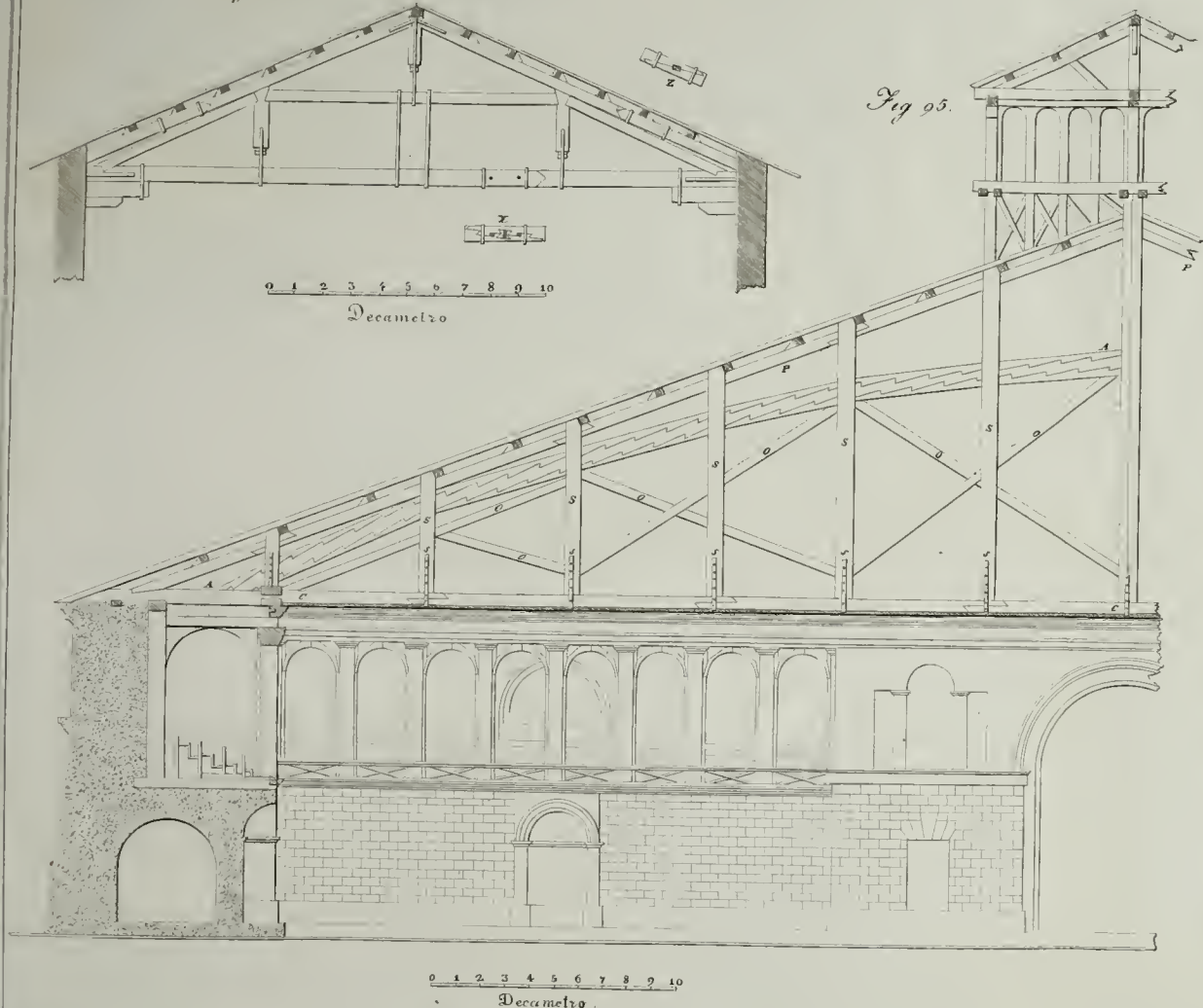
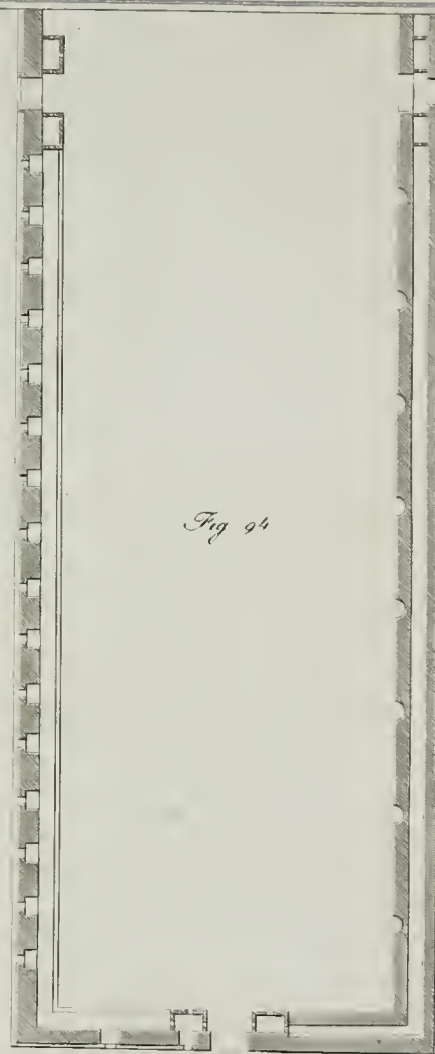
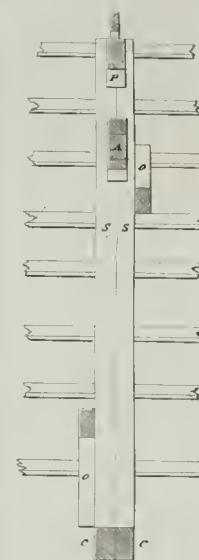
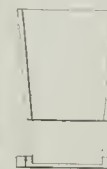
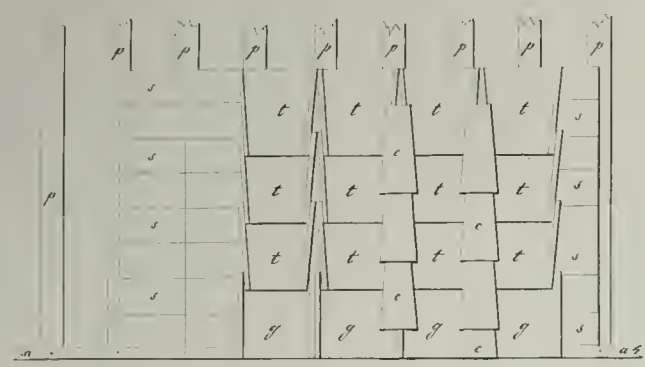
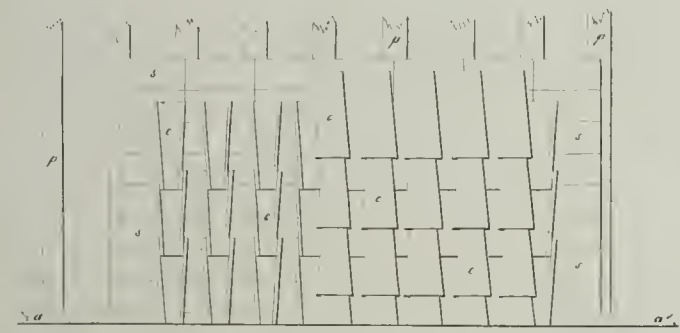
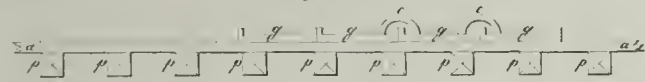
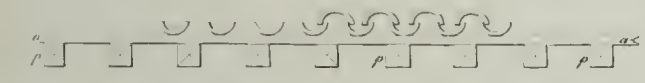
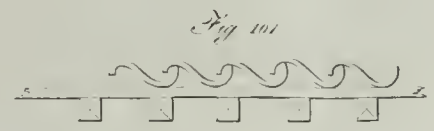
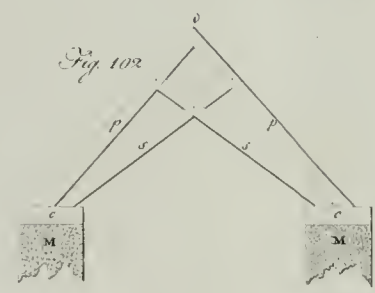
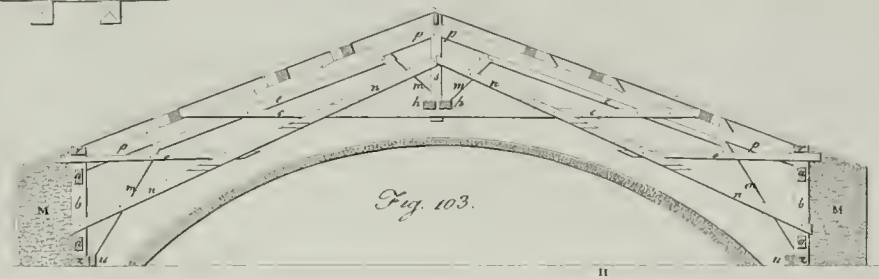
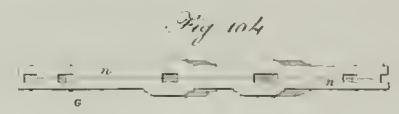



Fig. 99
Fig. 100.
Metro
Fig. 101
Fig. 102
Fig. 103.
Fig. 104
Fig. 105
Fig. 106
Decametro

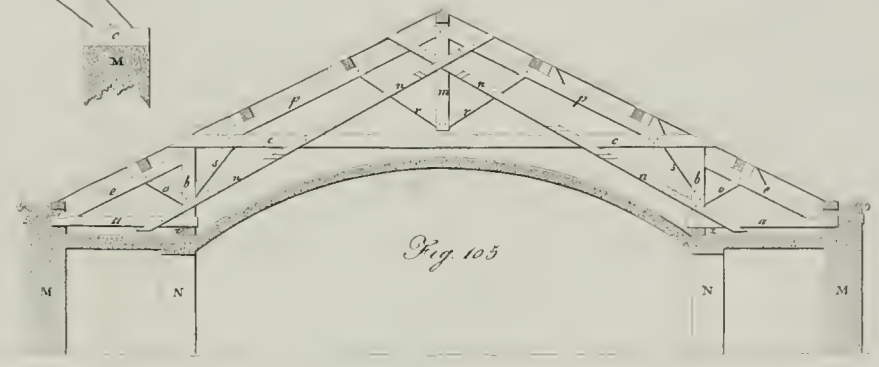
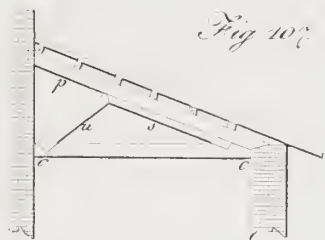
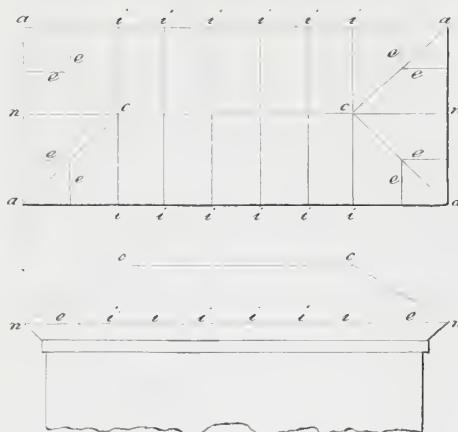



Fig. 107
Fig. 108
Fig. 109
Fig. 110
Fig. 111
Fig. 112
Fig. 113

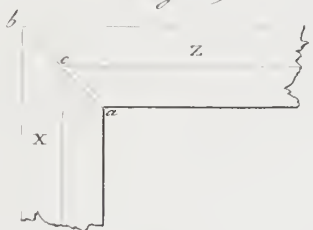
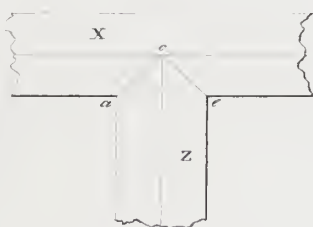
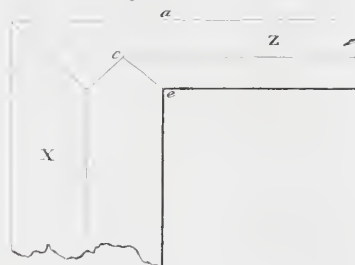
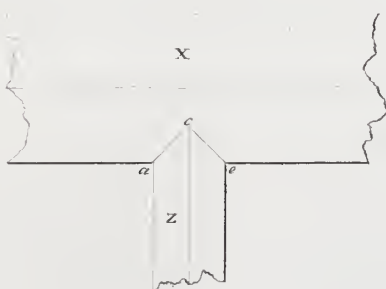



Fig. 114.
Fig. 115.
Fig. 116.
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. 119.

Fig. 120
Fig. 121
Fig. 122.
Fig. 123.
Fig. 124.
Fig. 125.
Fig. 126.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro

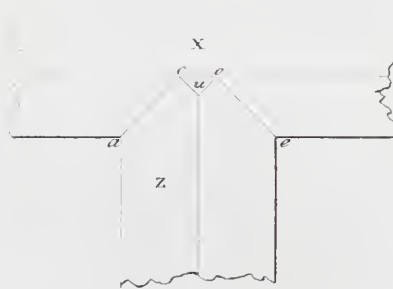
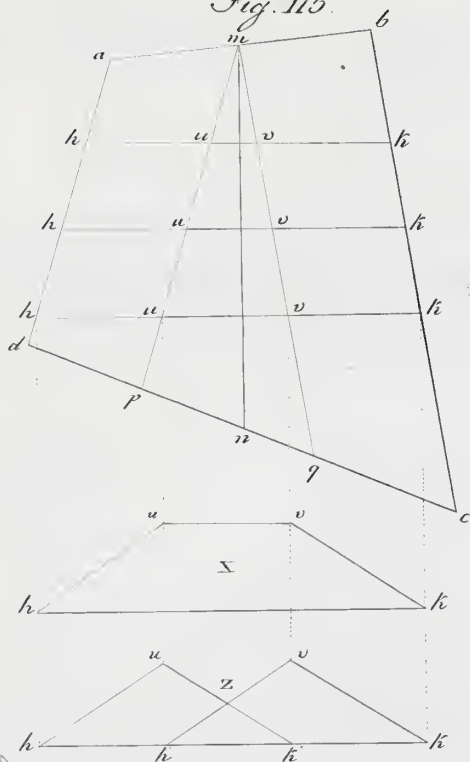
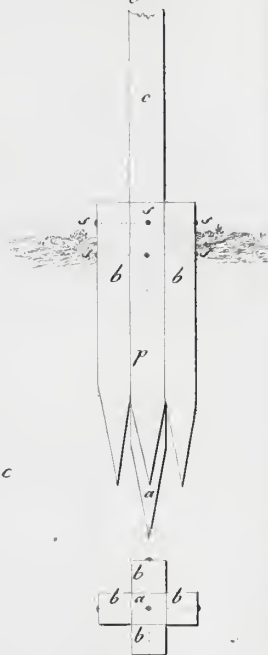
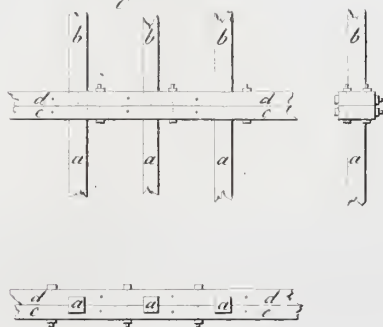
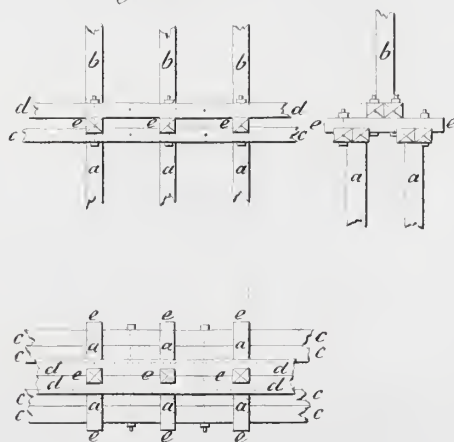
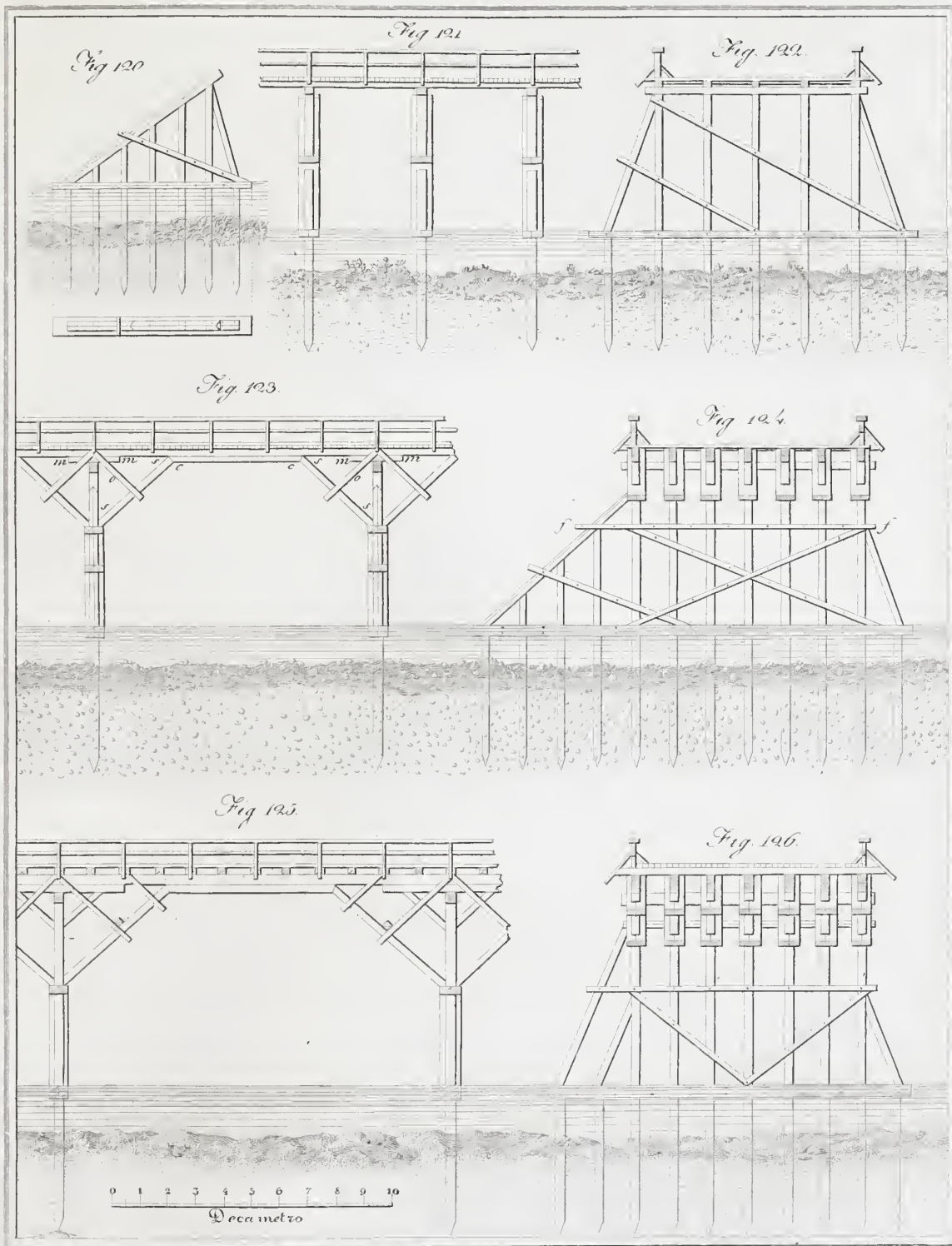
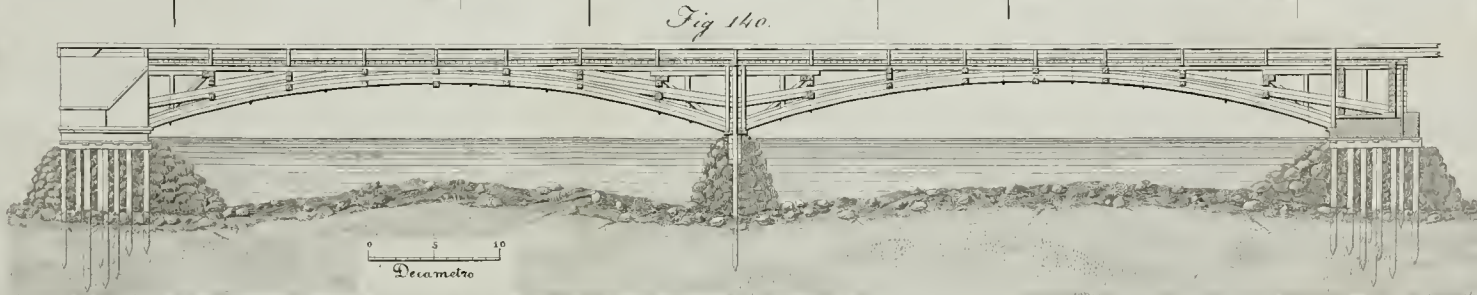
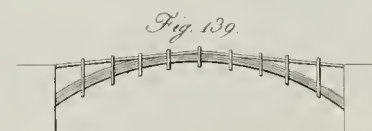
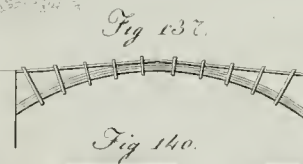
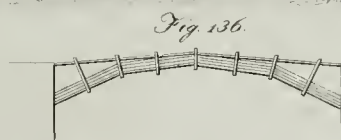
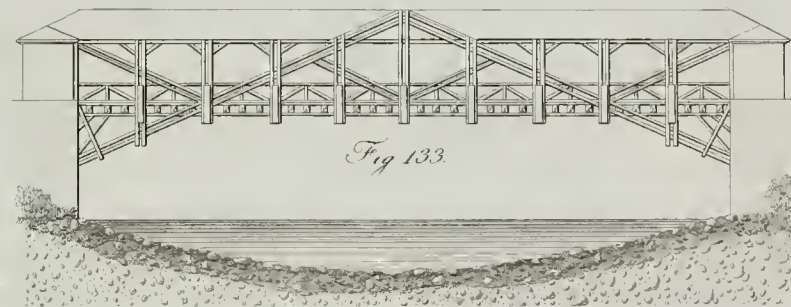
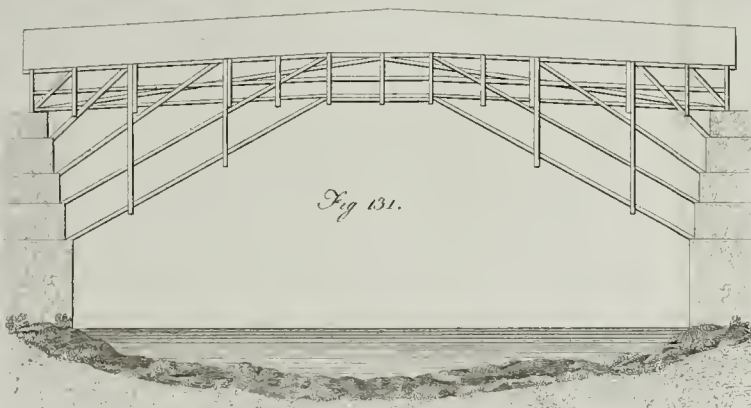
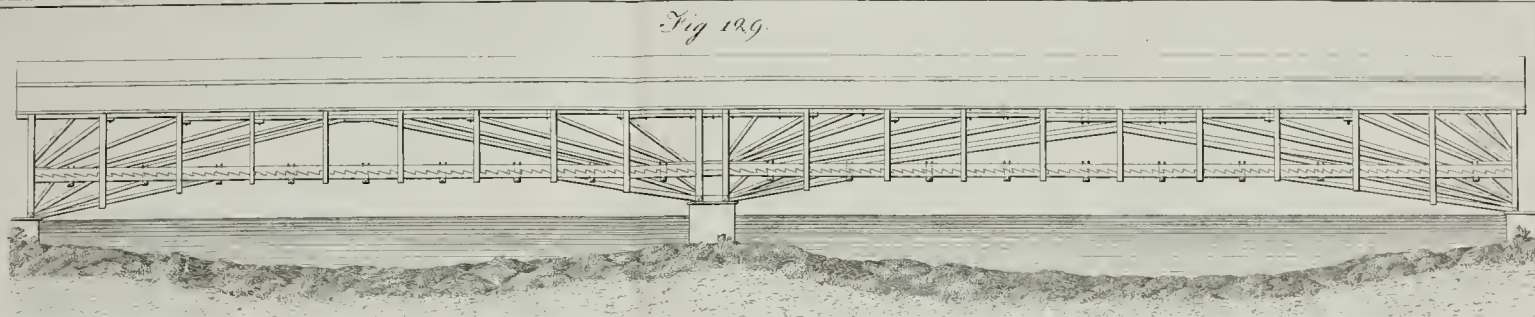
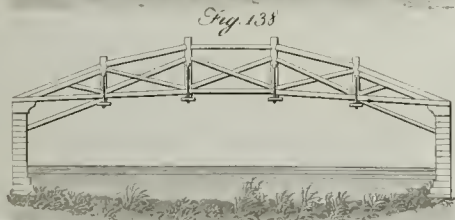
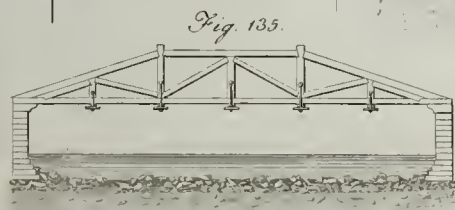
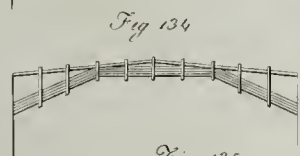
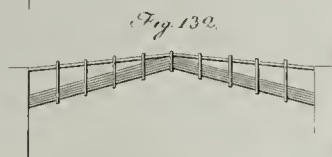
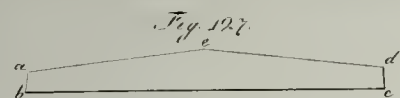



Fig. 127.
Fig. 128.
Fig. 129.
Fig. 130.
Fig. 131.
Fig. 132.
Fig. 133.
Fig. 134
Fig. 135.
Fig. 136.
Fig. 137.
Fig. 138
Fig. 139.
Fig. 140.
Decametro

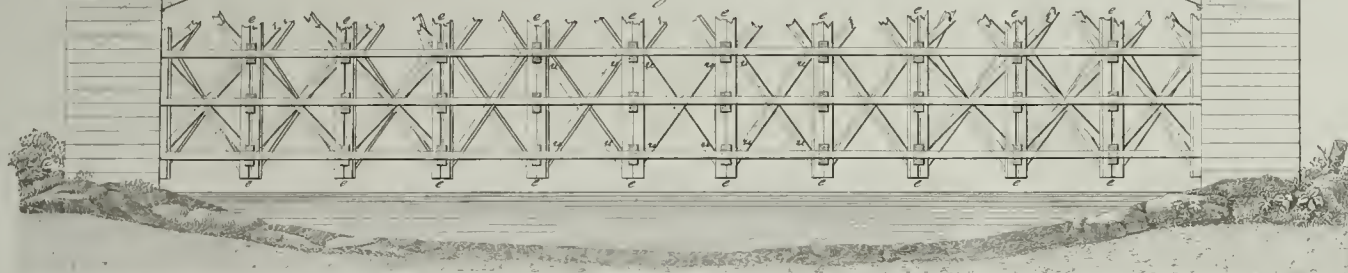
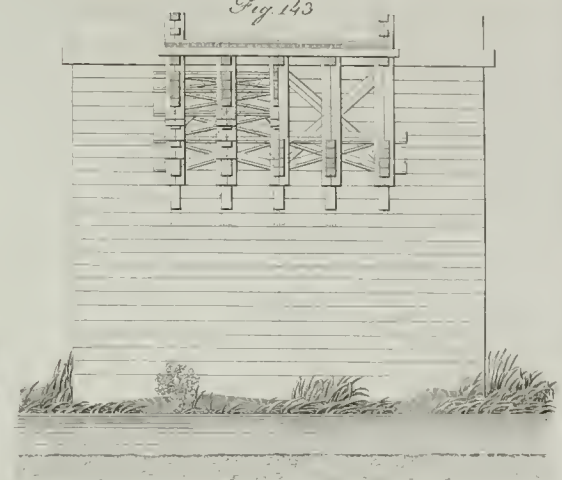
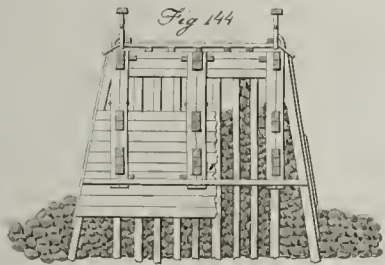



Fig. 141.
Decametro
Fig. 142
Fig. 143
Fig. 144
Fig. 145
Fig. 148
Fig. 149
Fig. 150.
Fig. 151.
Decametro
Fig. 147
Fig. 146.
Fig. 152

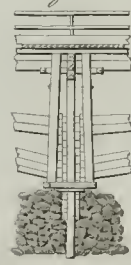
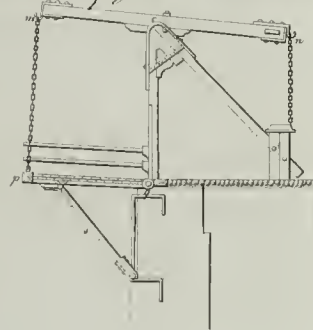
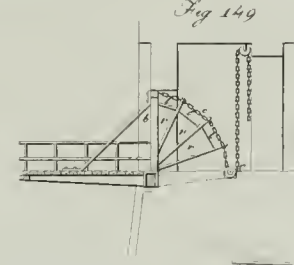
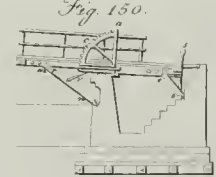
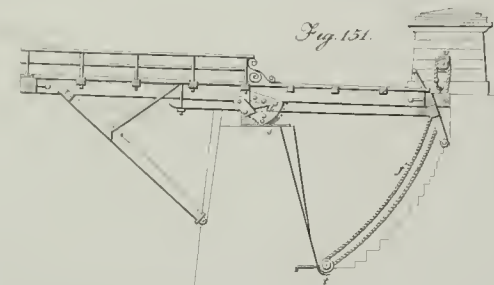
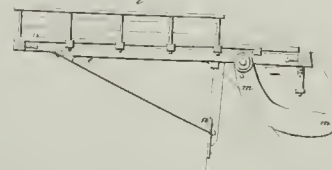
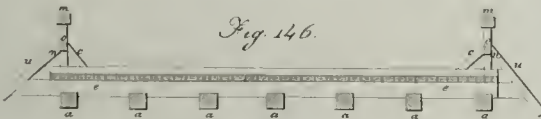
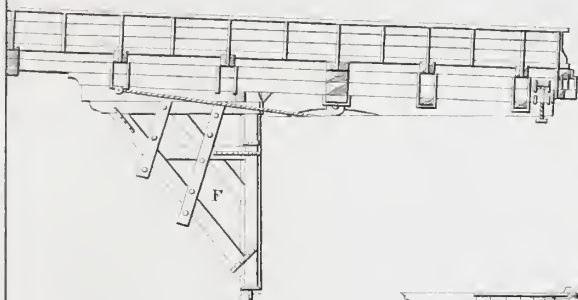
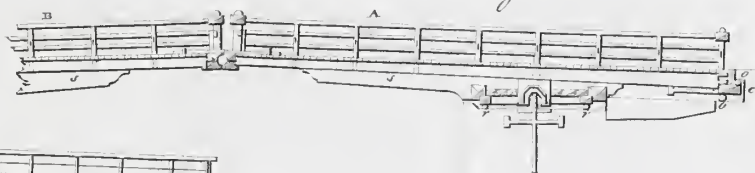
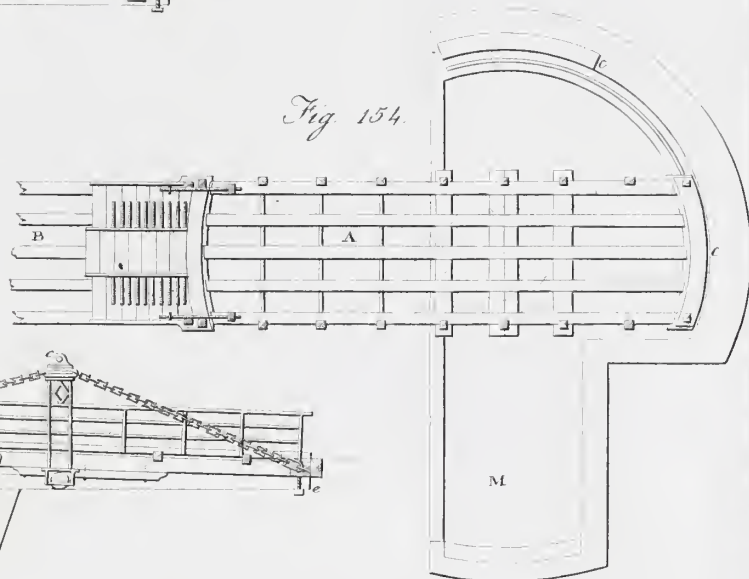
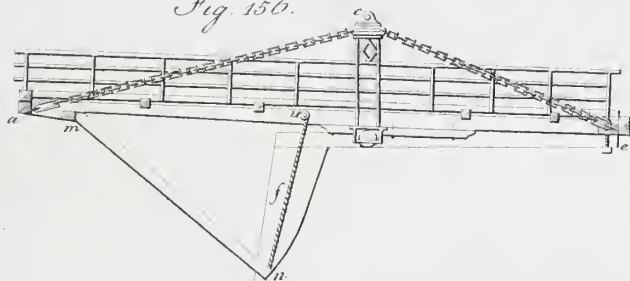



Fig. 153.
Fig. 155.
Fig. 154.
Fig. 156.
Decametro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Fig. 157.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

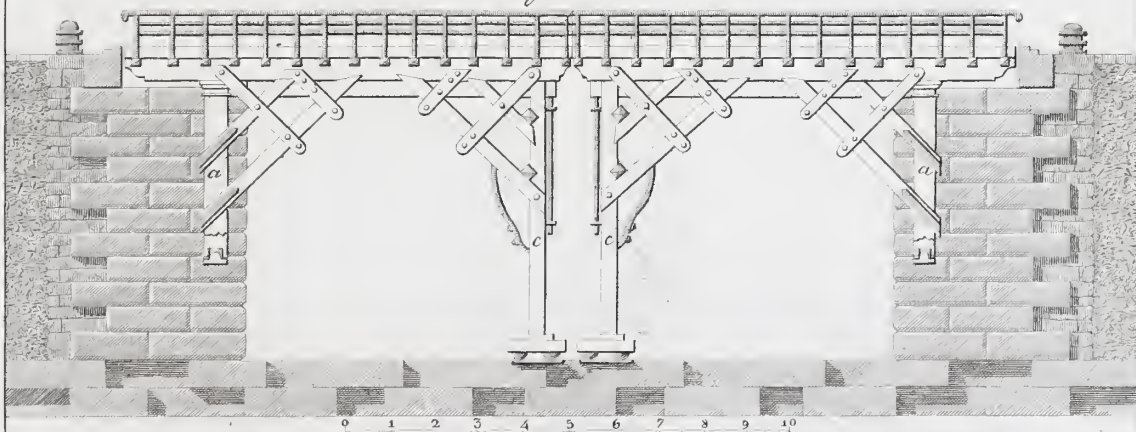
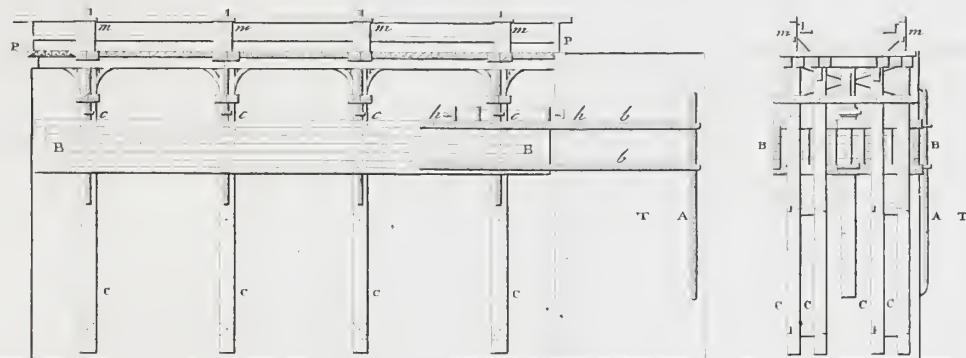
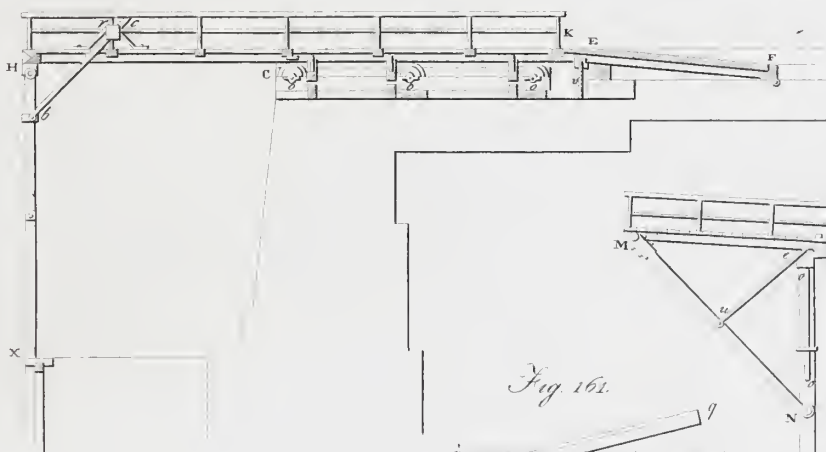



Fig. 158.
Fig. 159.
Fig. 160.
Fig. 161.
Decametro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Fig 162
Decametro
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

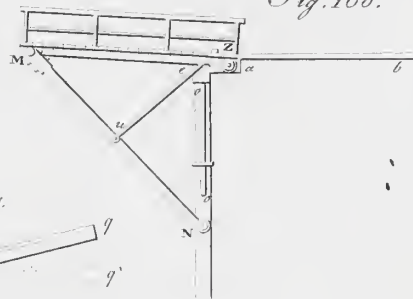
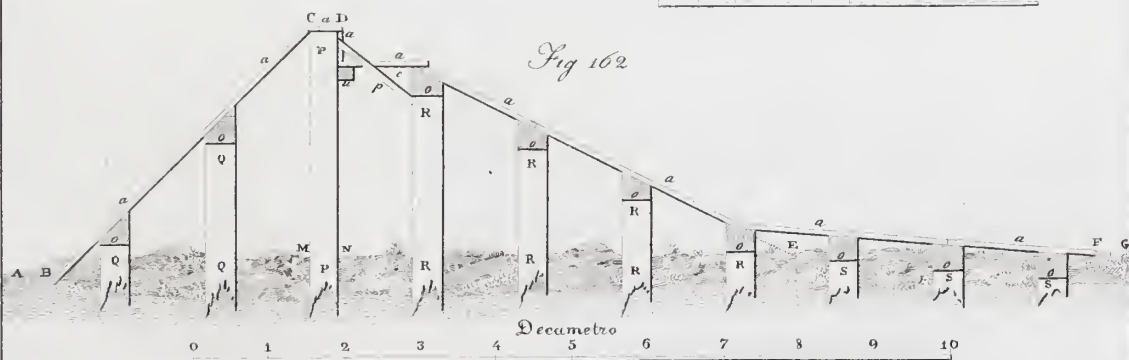
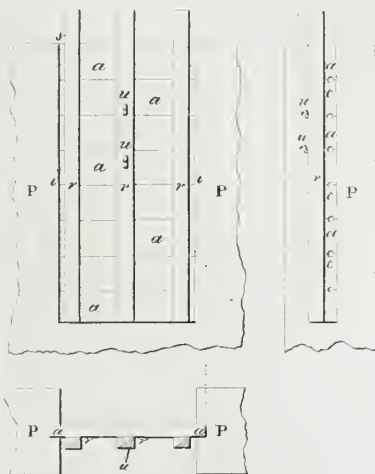
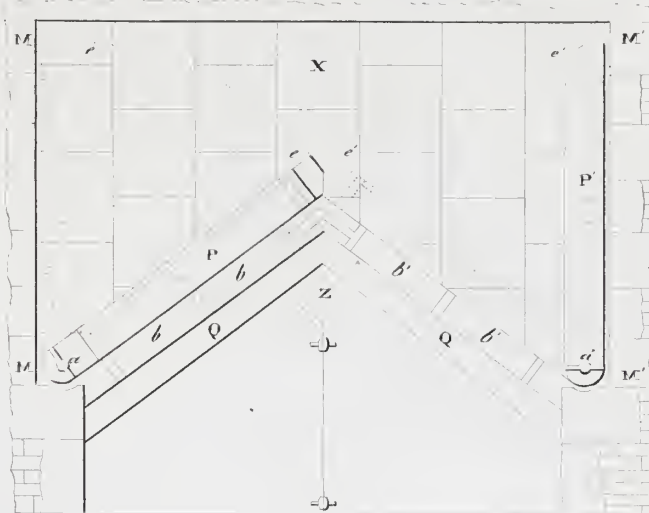



Fig. 163
Fig. 164
Fig. 165
0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro

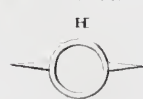
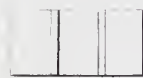
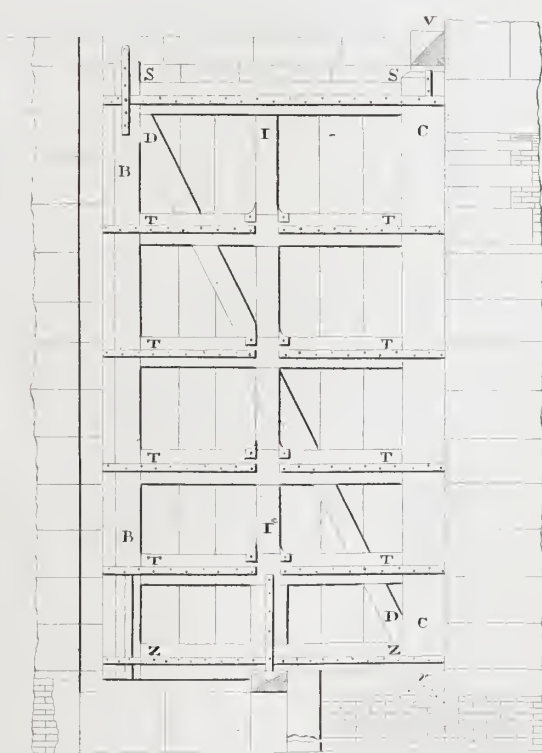
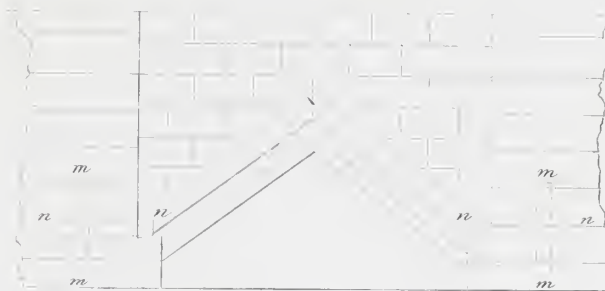



Fig 166
Fig. 167.
m
n
n
n
m
n
m
m
Fig. 168.
p t p t p
c
f
a
f
a
f
p t p t p
f f f
c
c
c
c
f f f
Fig. 169.
t
t
c
c
p p p p p p
t
c
c
c
c
Fig. 170.
t
t
c
c
p p p p p p
h h h h
t t t h h
h h h
h h h
c
c
c
c
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro.

Fig. 166
Fig. 167
Fig. 168
Fig. 169 a.
Fig. 169. b.
Fig. 169. c.
Fig. 169. d.
Fig. 169. e.
Fig. 170. a.
Fig. 170. b.

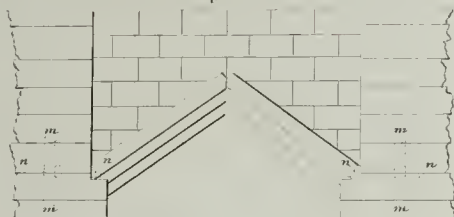
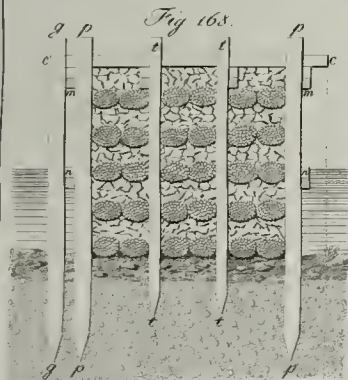
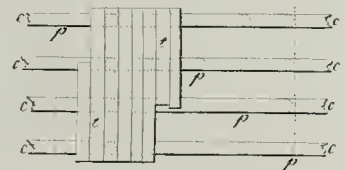
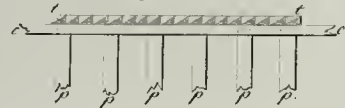
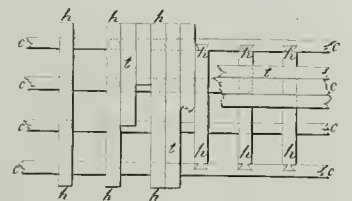
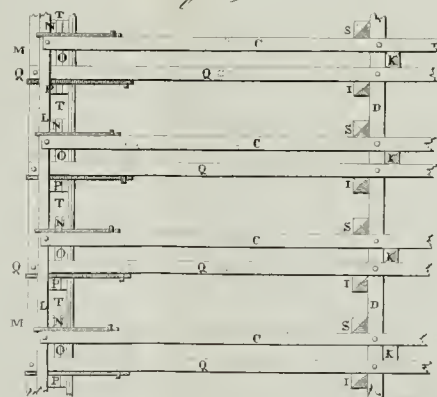
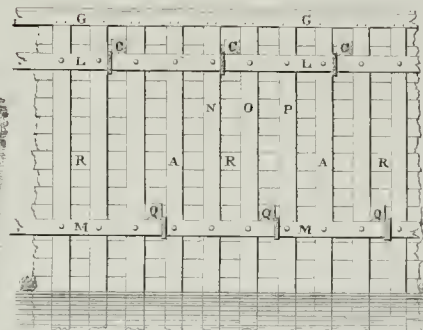
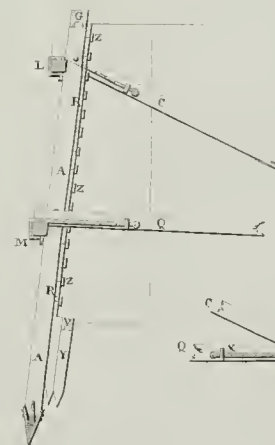
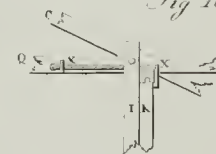



Fig. 171.
Fig. 172.
Fig. 173.
Fig. 174.
Fig. 175.
Fig. 176.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro

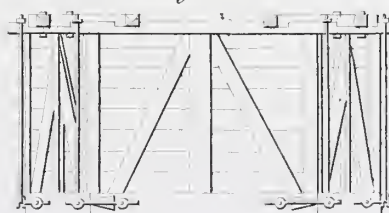
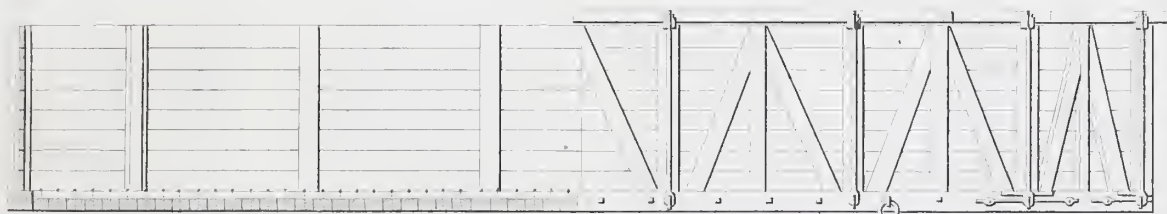
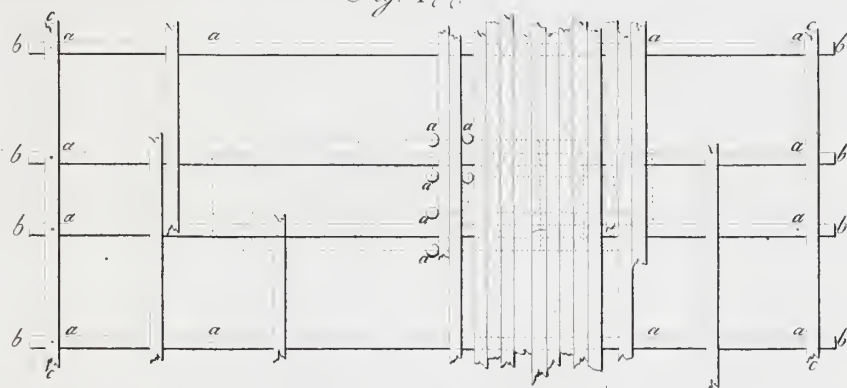



Fig. 177.
Fig. 178.
Fig. 179.
Fig. 180
Fig. 181.
Decametro
Decametro

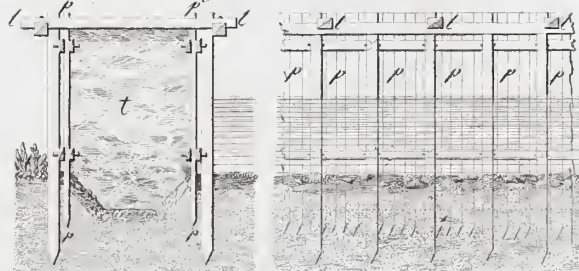
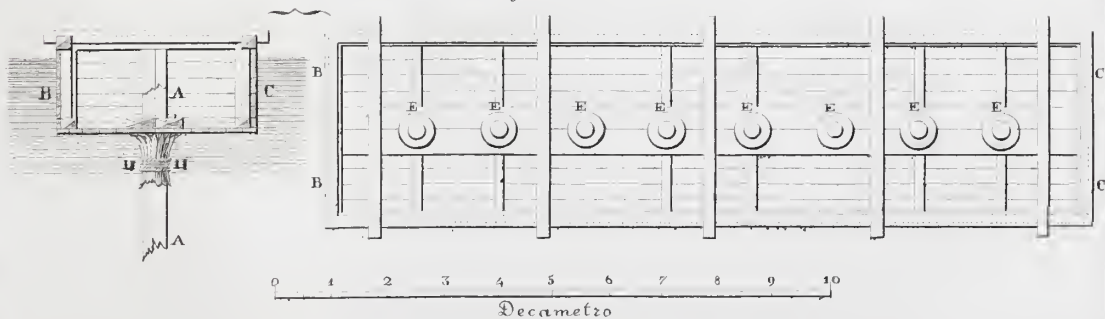
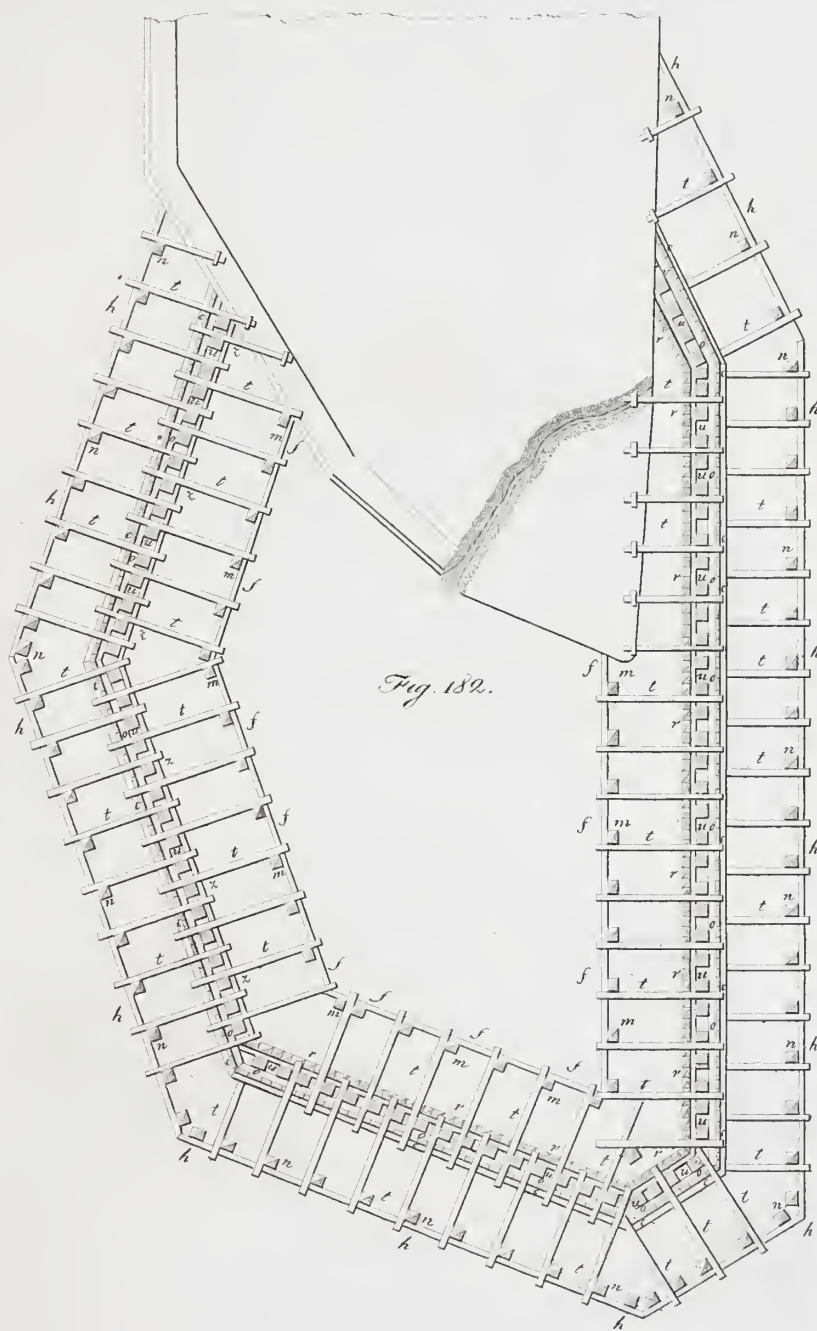



Fig. 182.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro

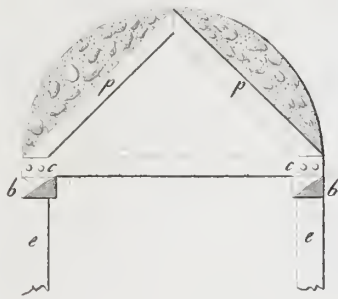
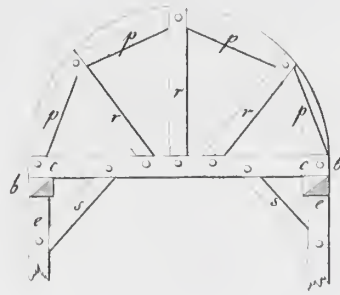



Fig. 183.
Fig. 184.
Fig. 185.
Fig. 186.

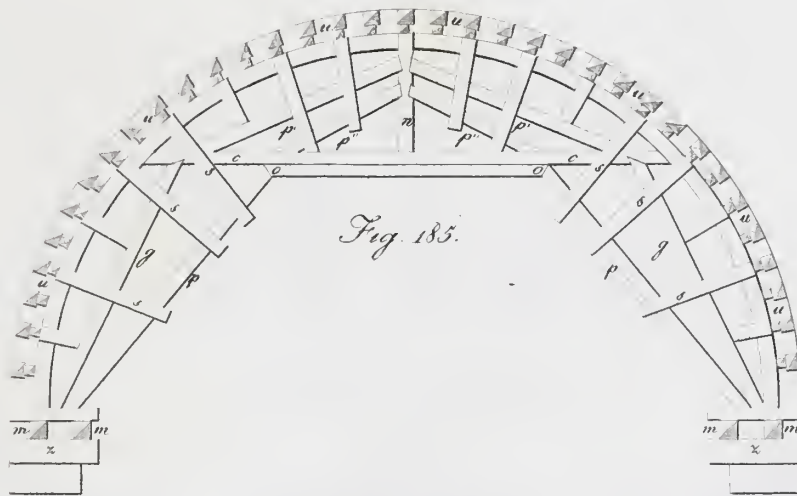
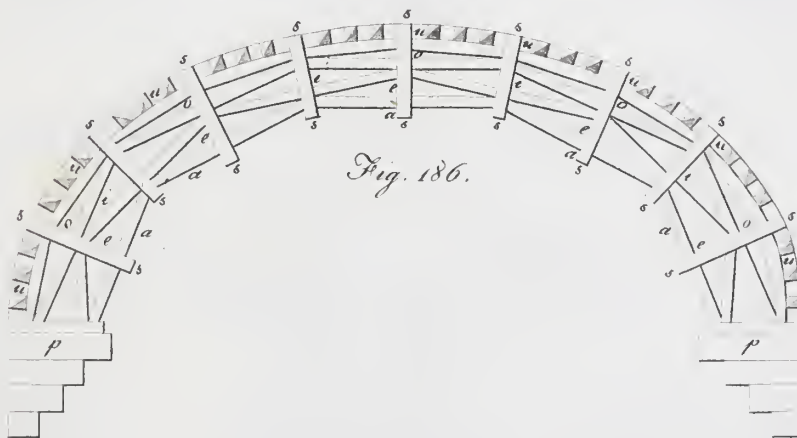
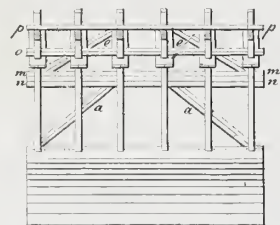
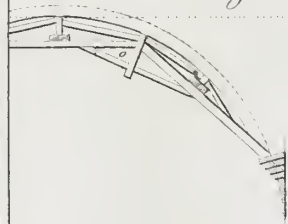
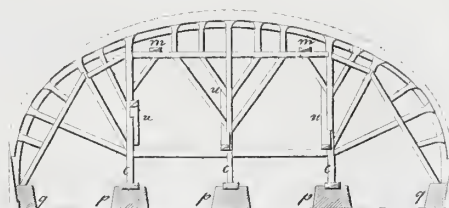



Fig. 187.
Fig. 188.
Fig. 189.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Decametro
Fig. 190.
Fig. 191.
Fig. 192.
Fig. 193.
Fig. 194.
Fig. 195.
Fig. 196.
Fig. 197.
Fig. 198.
Fig. 199.
Fig. 200.
Fig. 201.

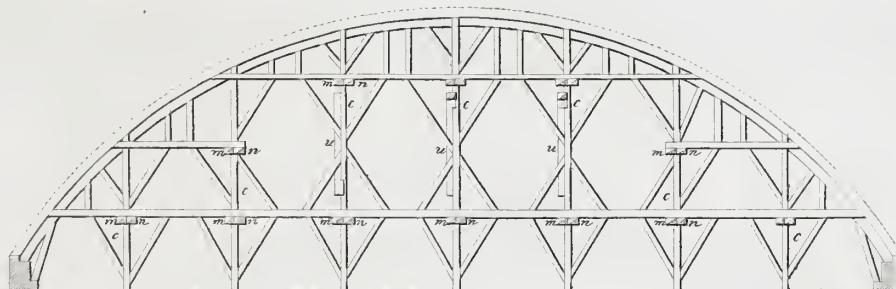
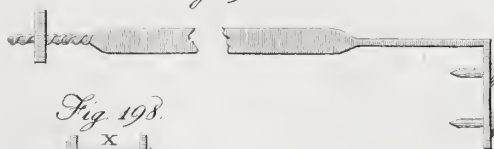



Fig. 202.
Fig. 203.
Fig. 204.

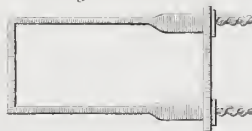
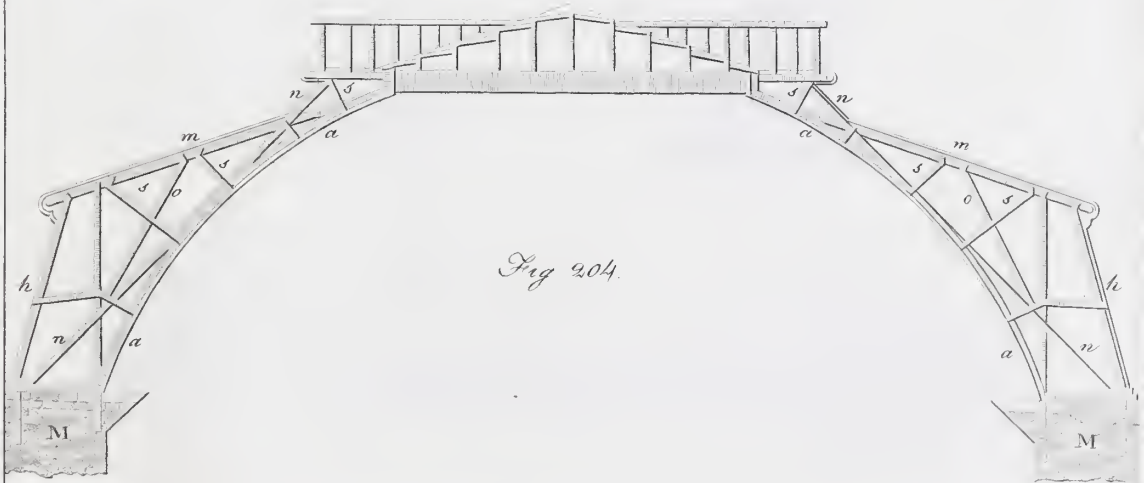
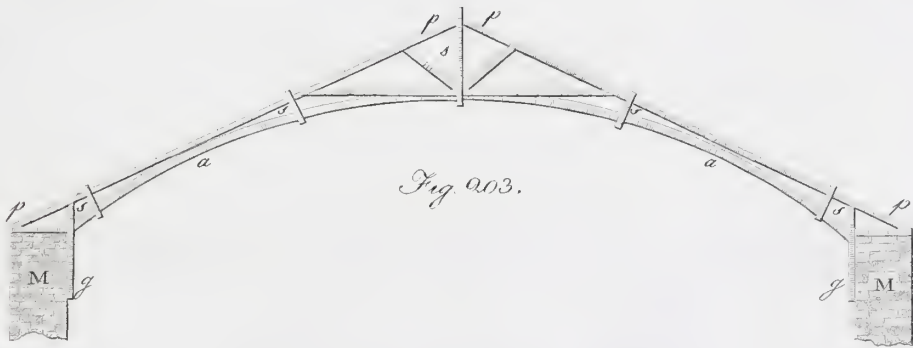
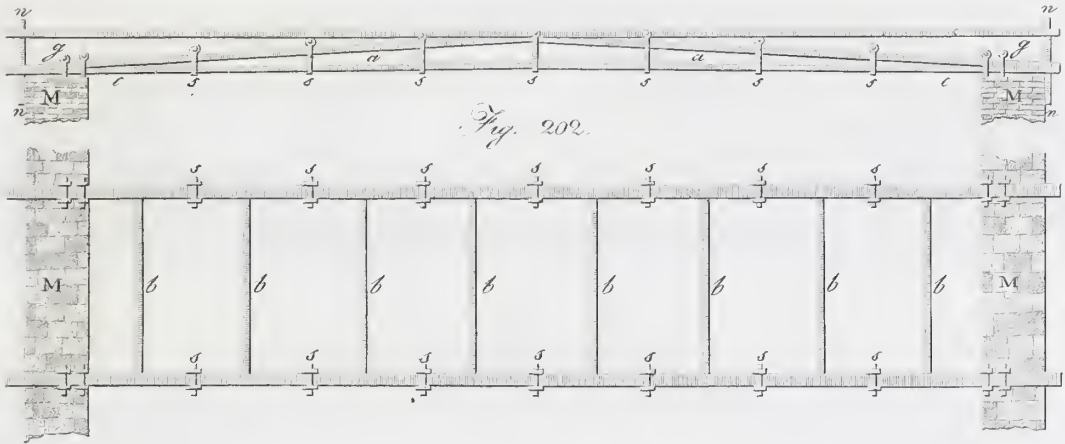
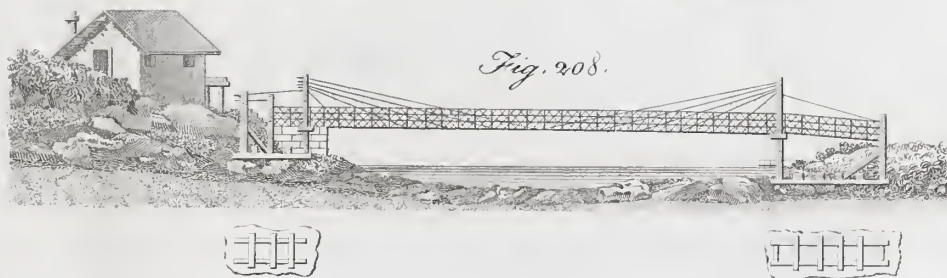



Fig. 205.
m. 30, 63
Fig. 206.
m. 71, 90
Fig. 207.
Fig. 208.

X
Y
Z
Fig. 209.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30
Tre Decametri
Fig. 210
0 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Hectametro

Giusepp. Biaggi Inc.